www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

17e JAARGANG No. 6, blz. 173-200 JUNI 1955

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE „SCENIOSCOPE", EEN NIEUWE OPNEEMBUIS VOOR TELEVISIE

door P. SCHAGEN, J. R. BOERMAN, J. H. J. MAARTENS en T. W. van RIJSSEL.

621.383.2:621.385.832:621.397.611

De beeldiconoscoop is een opneembuis voor televisie die belangrijke voordelen op de creditzijde heeft staan: de beeldkwaliteit is zeer goed, de buis heeft weinig last van parasitaire electrische en magnetische velden, het gezichtsveld is electrisch regelbaar. De gevoeligheid zou men echter voor vele practische toepassingen groter wensen. Er is dan ook gezocht naar een gevoeliger opneembuis, met behoud van de genoemde voordelen. Dit onderzoek is volkomen geslaagd en heeft een nieuw soort opneembuis tot resultaat gehad: de „Scenioscope". Constructief komt deze in veel opzichten met de beeldiconoscoop overeen, maar ze is anders van werking, zodat het wenselijk leek er een nieuwe naam voor in te voeren. De gevoeligheid is zodanig dat bij een verlichtingssterkte van slechts 100 lux op de scène een wel niet ruisvrij, maar toch acceptabel beeld wordt verkregen, en bij 300 lux een uitstekend beeld, dat nagenoeg vrij van ruis is.

Inleiding

Enige jaren geleden zijn in dit tijdschrift twee artikelen verschenen over een in het Philipslaboratorium ontwikkelde opneembuis voor televisie, de beeldiconoscoop type 5854 [1][2]). Deze buis bezit enige zeer gunstige eigenschappen, o.a. een uitstekende beeldkwaliteit bij voldoend grote verlichtingssterkte op de scène, en de mogelijkheid het gezichtsveld met uitsluitend electrische middelen continu te variëren.

Een nadeel van de beeldiconoscoop is dat de beeldkwaliteit slechter wordt wanneer de verlichtingssterkte beneden circa 1000 lux daalt. In hoofdzaak is dit te wijten aan de toenemende hinderlijkheid van de zg. onechte signalen (zie later). Aan dit bezwaar kan men tot op zekere hoogte tegemoet komen door het lijn voor lijn vastleggen van het zwartniveau [3]). De onechte signalen, die op het beeldsignaal zijn gesuperponeerd, worden op deze wijze voor een belangrijk deel verwijderd, zodat het ontvangen beeld, althans aan de zijde waar het aftasten begint, zo goed als vrij van dit storende verschijnsel blijft.

Hoewel bij kleine verlichtingssterkten op de scène het periodiek vastleggen van het zwartniveau een duidelijke verbetering oplevert, mag de verlichtingssterkte toch niet ver beneden 500 tot 400 lux worden gekozen. Dan zou namelijk — afgezien van het weer storend worden van de overgebleven onechte signalen in de lijnrichting — ook de ruis in het beeld hinderlijk worden (deze ruis is hoofdzakelijk afkomstig van de eerste versterkbuis in de voorversterker van de camera).

Een verlichtingssterkte van 1000 tot 1500 lux is in een televisiestudio wel niet moeilijk te realiseren, maar gaat gepaard met een warmteontwikkeling die voor de artisten vrij hinderlijk is. Bij het uitzenden van theatervoorstellingen, sportwedstrijden bij kunstlicht, enz., levert het installeren van de nodige extralampen, speciaal voor deze gelegenheid, ernstige bezwaren op. Vandaar dat in Europa voor uitzendingen van buiten de studio veelal gebruik wordt gemaakt van de beeldorthicon („image orthicon"),

[1]) P. Schagen, H. Bruining en J. C. Francken, Philips techn. T. **13**, 71-85, 1951.
[2]) J. C. Francken en H. Bruining, Philips techn. T. **14**, 282-290, 1952.
[3]) Zie bijv.: P. Schagen, T. Ned. Radiogenootschap **16**, 236 e.v., 1951, en On the image iconoscope, a television camera tube, proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam 1951, blz. 58 e.v.; H. Bruining, Le Vide **7**, 1255, 1952; J. Haantjes en Th. G. Schut, Philips techn. T. **15**, 352, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de buis die in de Verenigde Staten algemeen toepassing vindt. Van deze, ongetwijfeld veel gevoeliger buis is echter de beeldkwaliteit in bepaalde opzichten inferieur aan die van de beeldiconoscoop bij voldoend sterke verlichting. Daarom zijn — uitgaande van de beeldiconoscoop — allerwegen pogingen gedaan om een gevoeliger opneembuis te construeren, zonder iets van de beeldkwaliteit prijs te geven.

Onderzoekingen op dit gebied in Engeland hebben geleid tot de ontwikkeling van de „P.E.S. Photicon" (= „photo-electrically stabilized Photicon")[4]), die in Duitsland bekend is onder de naam „Riesel-Ikonoskop"[5]), terwijl in het Philipslaboratorium te Eindhoven een buis is ontwikkeld die de naam „Scenioscope" heeft gekregen. Hoewel er een oppervlakkige analogie is aan te wijzen tussen de principes die bij de „P.E.S. Photicon" resp. de „Scenioscope" worden toegepast, is de realisering fundamenteel verschillend. Daardoor is bij de „Scenioscope" een nog grotere gevoeligheid bereikt, bovendien op een eenvoudiger wijze.

In dit artikel zal de werking van de „Scenioscope" (*fig. 1*), die uiterlijk niet van de beeldiconoscoop 5854 verschilt, worden uiteengezet, waarbij de eigenschappen met die van de beeldiconoscoop zullen worden vergeleken.

Fig. 1. De „Scenioscope" (uiterlijk gelijk aan de beeldiconoscoop type 5854). Rechts de fotokathode. Naar voren stekend: de arm met het electronenkanon, dat de aftastbundel levert.

[4]) J. E. Cope, L. W. Germany en R. Theile, Improvements in design and operation of image iconoscope type camera tubes, J. Brit. Inst. Rad. Engrs. **12**, 139-149, 1952.

[5]) R. Theile, Die Signalerzeugung in Fernseh-Bildabtaströhren, Arch. elektr. Übertragung **7**, 15-27, 281-290 en 328-337, 1953.

De beeldiconoscoop

Ten einde de werking van de „Scenioscope" toe te lichten, beginnen wij met uit het artikel[1]) enige hoofdzaken van de beeldiconoscoop in herinnering te roepen. Deze buis bevat een doorzichtige fotokathode, waarop de scène door een lens wordt afgebeeld (*fig. 2*). Een electrisch en een magnetisch veld doen de geëmitteerde foto-electronen zodanige banen beschrijven dat deze electronen op overeenkomstig plaatsen van de uit mica bestaande trefplaat belanden, en daar door secundaire emissie een „beeld" van positieve ladingen vormen. Dit ladingsbeeld wordt afgetast door een electronenbundel. De achtereenvolgens afgetaste beeldelementen nemen

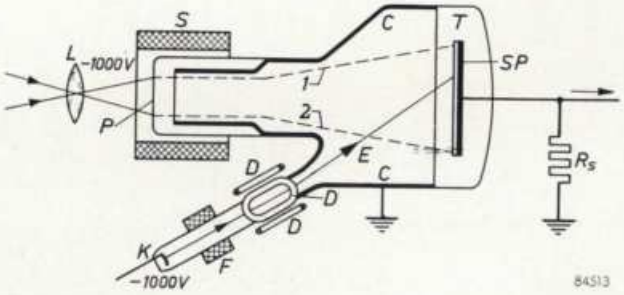

Fig. 2. Schematische doorsnede van de beeldiconoscoop. *L* lens. *P* fotokathode. *S* spoel van de magnetische electronenlens. *T* trefplaat (mica). *C* collector. *E* aftastende electronenbundel, geleverd door een electronenkanon, waarvan alleen de gloeikathode *K* is getekend. *F* focusseerspoel. *D* afbuigspoelen. *SP* signaalplaat. R_s signaalweerstand.

daarbij een potentiaal aan waarbij de coëfficient van secundaire emissie = 1 is. Deze stabilisatiepotentiaal ligt iets boven die van de collector (de collector is de geaarde metaallaag op de binnenzijde van de ballon; de fotokathode heeft een potentiaal van −1000 V). Tussen twee aftastingen in daalt de potentiaal van een trefplaatelement, daar het langzame secundaire electronen opvangt, die elders op de trefplaat werden vrijgemaakt door de snelle foto-electronen en door de eveneens snelle electronen van de aftastbundel; dit opvangverschijnsel heet redistributie. Naarmate de potentiaal verder daalt, krijgen de secundaire electronen die op het beschouwde trefplaatelement door de foto-electronen worden vrijgemaakt, meer kans om naar de collector of naar andere delen van de trefplaat te ontsnappen. De effectieve secundaire-emissiecoëfficient, δ_{eff}, — d.i. het gemiddelde aantal secundaire electronen dat van het trefplaatelement kan ontsnappen, per opvallend primair foto-electron — neemt hierdoor toe en de foto-electronen gaan dus steeds meer tot de opbouw van het ladingsbeeld bijdragen. In *fig. 3a* is ter illustratie het verloop van δ_{eff} schematisch weergegeven als functie van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

potentiaal van een trefplaatelement. Fig. 3*b* toont, eveneens schematisch, het verloop van de potentiaal van een element als functie van de tijd gedurende één volledige beeldperiode τ ($^1/_{25}$ seconde in de Europese televisiesystemen), zonder en met belichting. V_0' resp. V_0'' is de potentiaal die het beschouwde trefplaatelement aan het eind van de periode τ bezit; het verschil $V_0''-V_0'$ bepaalt de bijdrage van het element tot het beeldsignaal.

maal de fotostroom die overeenkomt met de helderste plaatsen in het beeld; de factor 1,3 brengt in rekening dat de fotostroom voortdurend vloeit, maar de signaalstroom slechts circa 75% van de tijd, wegens de lijn- en de rasteronderdrukkingen.

Door twee oorzaken echter blijft de signaalstroom in werkelijkheid veel kleiner. Ten eerste begint direct na een aftasting δ_{eff} met een waarde die maar weinig verschilt van 1, om pas daarna geleidelijk te

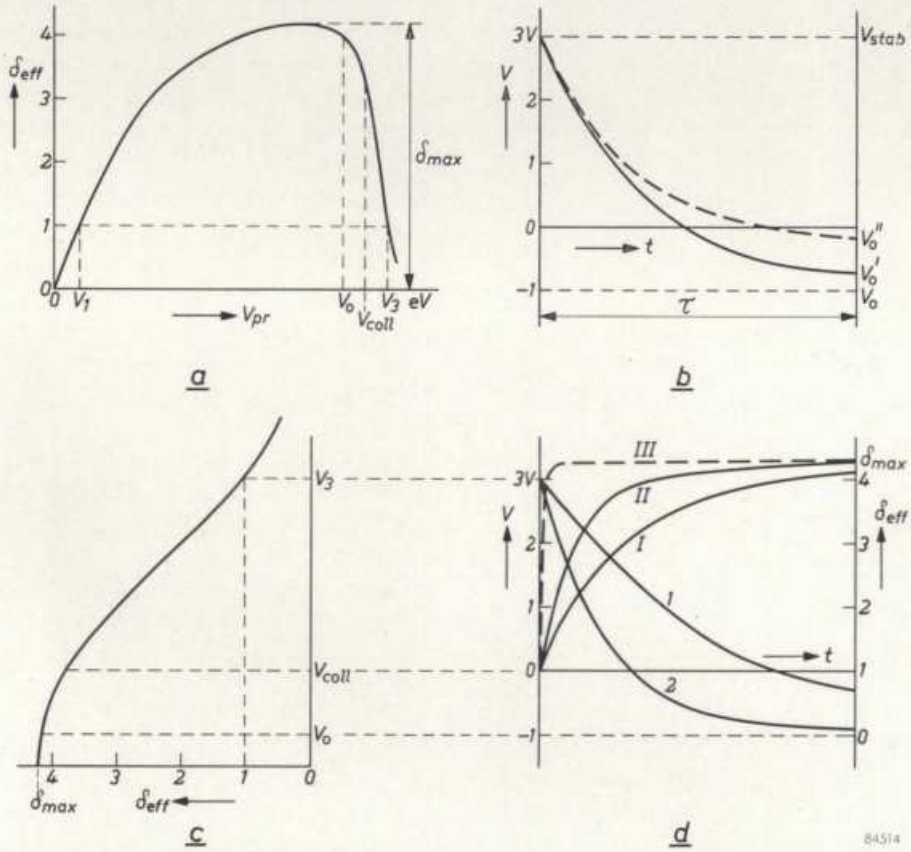

Fig. 3. *a*) Effectieve coëfficient van secundiare emissie δ_{eff} van een isolator, als functie van de energie V_{pr} der primaire electronen (schematisch). $\delta_{eff} = 1$ bij $V_{pr} = V_1$ en bij $V_{pr} = V_3$. De potentiaal V_3 is enige volts hoger dan de collectorpotentiaal V_{coll}. De potentiaal waarbij een trefplaatelement juist door geen enkel secundair electron meer kan worden bereikt, is V_0.
b) Potentiaal V van een trefplaatelement in de beeldiconoscoop, als functie van de tijd t, gedurende de beeldtijd τ tussen twee aftastingen. Getrokken kromme: fotokathode onbelicht; gestippeld: fotokathode belicht. Beide krommen beginnen bij de stabilisatiepotentiaal V_{stab} ($\approx V_3$, zie *a*) en naderen asymptotisch tot V_0. Aan het eind van het interval τ is V gedaald tot V_0' resp. V_0''. De bijdrage tot het uitgangssignaal wordt bepaald door $V_0''-V_0'$.
c) Rechterdeel van de kromme van (*a*), 90° gedraaid en in verband gebracht met *d*), waarin *1* en *2* krommen $V = f(t)$ zijn zoals de getrokken kromme in (*b*). Uit *1* leidt men met behulp van (*c*) de kromme *I* af voor $\delta_{eff} = f(t)$, uit *2* de kromme *II*. Kromme *2*, die sneller daalt dan *1*, levert grotere waarden van δ_{eff} (*II* ligt boven *I*, dichter bij de ideale kromme *III*) en is dus gunstiger dan *1*.

Bij een ideaal werkende beeldiconoscoop zou ieder foto-electron aanleiding moeten geven tot een positieve beeldlading op de trefplaat ter grootte van $(\delta_{max}-1)e$, waarin δ_{max} de grootste waarde is die δ_{eff} kan bereiken (fig. 3*a*), en e de lading van een electron voorstelt. De signaalstroom die de buis kan geven, zou dan gelijk zijn aan circa 1,3 $(\delta_{max}-1)$ stijgen (fig. 3*d*, krommen *I* en *II*). In de tweede plaats daalt de potentiaal van de elementen met de sterkste „belichting" juist het minst (fig. 3*b*), zodat δ_{eff} daar de maximale waarde in het geheel niet bereikt. Ofschoon in de beeldiconoscoop 5854 δ_{max} ongeveer 4 is, en men dus een maximale signaalstroom van 1,3 $(4-1) \approx 4 \times$ de fotostroom zou

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verwachten, vindt men als gevolg van de zojuist beschreven effecten dat bij weinig licht de maximale signaalstroom slechts ongeveer gelijk aan de fotostroom is, terwijl voor meer licht het effect van de toeneming van de fotostroom steeds geringer wordt. Dit laatste betekent dat de karakteristiek van de beeldiconoscoop (signaalstroom als functie van de fotostroom) gekromd is zoals in *fig. 4* is te zien, met een „gamma" kleiner dan 1.

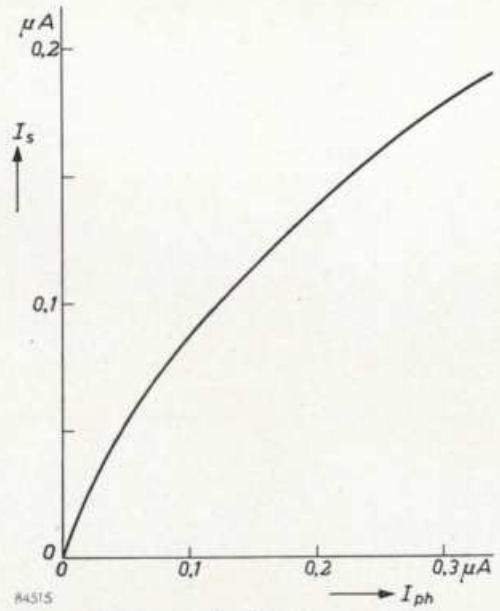

Fig. 4. Signaalstroom I_s als functie van de fotostroom I_{ph}, voor de beeldiconoscoop 5854.

Mogelijkheden tot opvoeren van de gevoeligheid

De oorzaak van het feit dat de werkelijke gevoeligheid van de beeldiconoscoop aanzienlijk kleiner is dan de ideale, is blijkbaar deze dat de potentiaal van de trefplaatelementen te langzaam daalt om de foto-electronen reeds onmiddelijk na het aftasten in staat te stellen hun maximale bijdrage te leveren tot de opbouw van het potentiaalbeeld (fig. 3*d*). Konden we de potentiaal sneller doen dalen, dan zou een sterker signaal worden verkregen. Om de potentiaaldaling sneller te doen verlopen, staan drie middelen ten dienste, die we achtereenvolgens zullen bespreken:

1) versterking van het redistributie-effect,
2) besproeiing van trefplaat met langzame electronen, en
3) afvoer van de lading door geleiding.

Versterking van het redistributie-effect

De bedoelde potentiaaldaling is het gevolg van de redistributie (het opvangen van langzame electronen die elders op de trefplaat door secundaire emissie werden vrijgemaakt). Een grotere gevoeligheid moet dus kunnen worden verkregen door het aantal redistributie-electronen te vermeerderen. Dit kan bij voorbeeld worden verwezenlijkt door de aftaststroom op te voeren (*fig. 5*). Inderdaad wordt hierdoor een sterker signaal verkregen [6]), althans zolang de aftaststroom niet boven een bepaalde waarde komt. Bij grotere waarden van de aftaststroom gaat de signaalsterkte weer afnemen, als gevolg van het feit dat bij toenemend aantal redistributie-electronen het uitwissen van de positieve beeldladingen, die op de „belichte "plaatsen werden opgezameld, in sterkere mate geschiedt. Een tweede bezwaar is dat met toenemend aantal redistributie-electronen ook de onechte signalen sterker worden. (Onder een onecht signaal — „spurious signal", „shadow signal" — verstaat men een door een onbelichte opneembuis geleverd signaal, dat op de ontvanger zichtbaar wordt doordat het scherm rechts beneden lichter is dan links boven. De hoofdoorzaak ervan is

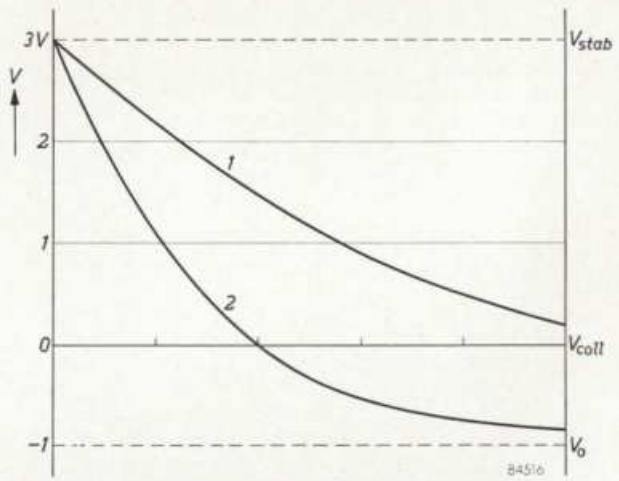

Fig 5. *1* en *2* zijn krommen $V = f(t)$ voor een onbelichte beeldiconoscoop, *2* met grotere aftaststroom dan *1*.

dat de trefplaatelementen niet alle in dezelfde toestand verkeren ten aanzien van de redistributie; zie het artikel [1]).)

Met versterking van het redistributie-effect komt men dus niet veel verder.

Besproeiing met langzame electronen

In Engeland is men uitgegaan van een principe dat al in 1934 voor de gewone iconoscoop was voorgesteld [7]), namelijk het „besproeien" van de trefplaat met langzame electronen, die met afzonderlijke hulpmiddelen worden verkregen. Dit be-

[6]) P. Schagen, On the mechanism of high-velocity target stabilization and the mode of operation of television camera tubes of the image-iconoscope type, Philips Res. Rep. **6**, 135-153, 1951.

[7]) A. W. Vance en H. Branson, U.S. Patent 2 147 760, van 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

sproeien heeft hetzelfde effect als een vergroten van het aantal redistributie-electronen, in zoverre dat het de potentiaal van de trefplaatelementen sneller doet dalen. Het voordeel is echter dat met deze methode de intensiteit van de onechte signalen niet toeneemt, ja zelfs verminderd kan worden. Rondom de trefplaat aangebrachte hulpelectrodes, waarvan de potentialen uitwendig kunnen worden ingesteld, geven namelijk de mogelijkheid de langzame electronen speciaal naar die delen van de trefplaat te dirigeren waar te weinig redistributie-electronen op terechtkomen.

In de al genoemde „P.E.S. Photicon" wordt het besproeien met langzame electronen toegepast (vandaar de Duitse naam „Riesel-Ikonoskop"). Deze electronen worden verkregen van een doorzichtige hulpfotokathode, die op de glazen wand van de buis is aangebracht en op collectorpotentiaal wordt gehouden (zie de in [4]) en [5]) aangehaalde artikelen). Met een krans van gloeilampjes, die rondom de buis zijn opgesteld, kan de verlichting van de hulpfotokathode, en daarmee de „motregen" van langzame electronen, worden geregeld. In *fig. 6* is de „P.E.S. Photicon" in doorsnede schematisch voorgesteld.

De gevoeligheidswinst die met deze buis is verkregen, is hoofdzakelijk te danken aan het nagenoeg ontbreken van onechte signalen. Hierdoor kan nog een redelijk beeld worden verkregen bij lagere verlichtingsniveaus dan bij de gewone beeldiconoscoop, totdat de ruis een grens gaat stellen. In de literatuur [8]) wordt opgegeven dat in de practijk ongeveer een factor 2 is gewonnen in vergelijking met de normale beeldiconoscoop.

Principieel zou de gevoeligheid wellicht nog iets verder kunnen worden opgevoerd door de stroom van langzame electronen te vergroten en bovendien de potentiaal van de hulpfotokathode iets te verlagen ten opzichte van de collectorpotentiaal; dan zou namelijk de potentiaal van de trefplaatelementen nog verder kunnen dalen (tot beneden de waarde V_0, waarbij de secundaire electronen het trefplaatelement niet meer kunnen bereiken, zie fig. 3*b*). Het blijkt echter in de practijk onmogelijk in die omstandigheden nog de juiste sturing (met de genoemde hulpelectrodes) te bewerkstelligen, die het ontstaan van onechte signalen voorkomt. Voorts is het duidelijk dat de langzame electronen zich bij voorkeur zullen begeven naar de sterkst „belichte" plaatsen, die immers de hoogste potentiaal bezitten; ook dit stelt een grens aan de stroom van de langzame electronen, daar een te sterke stroom het ladingsbeeld te veel zou uitwissen.

[8]) R. Theile, Arch. elektr. Übertragung **7**, 333, 1953.

Deze effecten maken het wel zeer onwaarschijnlijk dat met de besproeiingsmethode de gevoeligheid kan worden behaald die een ideaal werkende beeldiconoscoop zou bezitten, corresponderend met een signaalstroom gelijk aan circa $1{,}3(\delta_{max}-1)$ maal de fotostroom.

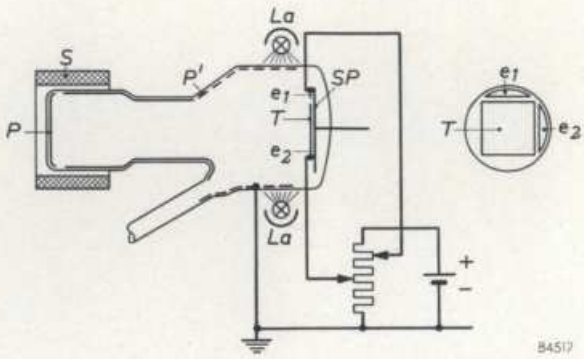

Fig. 6. Schematische doorsnede van een „P.E.S. Photicon" (ontleend aan fig. 7, blz. 145, van het in [5]) aangehaalde artikel). P' hulpfotokatode, belicht door een krans van gloeilampjes *La*. Segmentvormige stuurelectrodes e_1 en e_2, met regelbare spanning, dirigeren de langzame foto-electronen van P' naar delen van de trefplaat T waarop weinig redistributie-electronen terechtkomen. Dit vermindert de onechte signalen. Betekenis overige letters als in fig. 2.

Afvoer van de lading door geleiding

De twee bovengenoemde methodes om de potentiaal van de trefplaatelementen sneller te doen dalen, komen beide neer op toevoer van negatieve lading aan het trefplaatoppervlak van buiten af — hetzij door electronen uit de aftastbundel, hetzij door electronen afkomstig van een hulpfotokathode. Een derde manier is toevoeren van negatieve lading door de trefplaat heen, met andere woorden: afvoeren van positieve lading door de trefplaat heen naar de signaalplaat.

Al in 1938 is dit in Duitsland geopperd, met het doel de gevoeligheid van de gewone iconoscoop op te voeren. Toegepast is het in de „Halbleiter-Ikonoskop" [9]). Hierin geeft een bepaalde grootte van de aftaststroom de maximale gevoeligheid, maar daarbij worden de trefplaatelementen gestabiliseerd op een potentiaal die aanmerkelijk beneden de collectorpotentiaal blijft. Dit laatste heeft tot gevolg — een verklaring zou hier te ver voeren — dat bewegende voorwerpen in de scène vaag worden afgebeeld. Vandaar dat deze oplossing voor gewone televisie niet bruikbaar was.

In het Philipslaboratorium is het idee van ladingsafvoer via de trefplaat toegepast op de beeldiconoscoop. Hieruit is de „Scenioscope" voortgekomen, die we in het volgende nader zullen bespreken.

[9]) G. Krawinkel, W. Kronjäger en H. Salow, Über einen speichernden Bildfänger mit halbleitendem Dielektrikum, Z. techn. Phys. **19**, 63-73, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De „Scenioscope".

Het principiële verschil tussen de beeldiconoscoop 5854 en de „Scenioscope" is gelegen in de trefplaat. De isolerende micaplaat van de beeldiconoscoop is vervangen door een glazen plaat (*fig. 7*), die een bepaald geleidingsvermogen heeft. Op de achterzijde van deze plaat is een laag metaal aangebracht, die als signaalplaat dienst doet en een negatieve

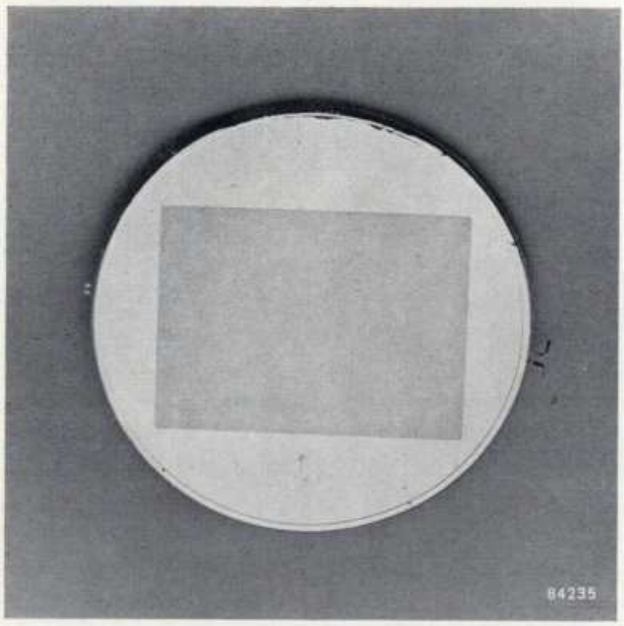

Fig. 7. De trefplaat van de „Scenioscope" bestaat uit een 50 tot 70 μ dik vlies van enigszins geleidend glas, dat op een metalen ring is gespannen. De afgetaste rechthoek is 45 × 60 mm groot. Een laag metaal op de achterkant is de signaalplaat.

potentiaal ten opzichte van de collector krijgt. Op de bekende wijze stabiliseert de aftastbundel de oppervlakelementen van de trefplaat telkens op een potentiaal die iets hoger is dan die van de collector. Tussen twee opeenvolgende aftastingen in daalt de potentiaal van een element, door het opvangen van redistributie-electronen en vooral door de lekstroom naar de trefplaat. Het overwegen van de lekstroom ten opzichte van de redistributie brengt een aanzienlijke vermindering van de onechte signalen mee.

Met de gelijkspanning van de signaalplaat kan men de grootte van de lekstroom instellen. Deze grootte bepaalt het maximale witniveau in het signaal dat de buis kan afgeven, want op de sterkst „belichte" plaatsen kan de fotostroom ten hoogste de lading die wordt afgevoerd, compenseren. De maximale hoeveelheid beeldlading die een trefplaatelement kan opzamelen, is theoretisch gelijk aan de hoeveelheid lading die op een „onbelicht" element bij de aftasting moet worden aangevuld. Vergroot men de lekstroom — door de spanning van de signaalplaat sterker negatief te maken —, dan kan dus een grotere beeldlading worden opgezameld.

Op zichzelf lijkt het geleidend maken van de trefplaat misschien een vreemd middel, omdat het immers een zekere mate van weglekken van het ladingsbeeld tot gevolg zal hebben. Uit hetgeen volgt, zal echter blijken dat door een goede dimensionering het verlies aan gevoeligheid door dit weglekken slechts een fractie bedraagt van de winst die verkregen wordt doordat de snellere potentiaaldaling de foto-electronen eerder in de gelegenheid stelt, tot de vorming van het potentiaalbeeld te gaan bijdragen.

Alvorens nader op de gevoeligheid van de „Scenioscope" in te gaan, zullen wij nu achtereenvolgens bespreken: de vermindering van de onechte signalen, de maatregelen tot het ondervangen van bepaalde moeilijkheden (o.a. het genoemde weglekken van het ladingsbeeld) en de eisen waaraan het glas moet voldoen.

Het vermijden van onechte signalen

Naarmate, tussen twee aftastingen in, de potentiaal V van een trefplaatelement daalt, vangt het element steeds minder redistributie-electronen op,

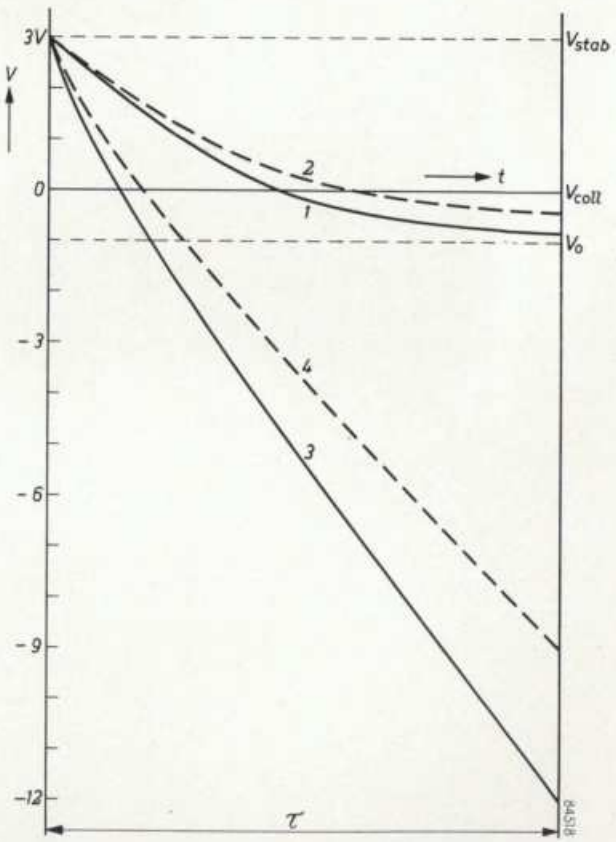

Fig. 8. *1* en *2* zijn krommen $V = f(t)$ als in fig. 3*b*, geldig voor de beeldiconoscoop. *3* en *4* gelden voor de „Scenioscope" (enigszins geleidende trefplaat, signaalplaat op negatieve potentiaal), *3* voor onbelichte, *4* voor zwak belichte fotokathode.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en ten slotte is alleen de lekstroom nog van belang (*fig. 8*). Deze stroom maakt, bij negatieve signaalplaat, dat V beneden de waarde V_0 daalt waarbij secundaire electronen het trefplaatelement niet meer kunnen bereiken. De lekstroom is dus niet afhankelijk van de plaats van het element op de trefplaat, en geeft dus geen aanleiding tot het ontstaan van onechte signalen — in tegenstelling met het redistributie-effect. Om onechte signalen te vermijden, moet men dus het redistributie-effect zo gering mogelijk houden in vergelijking met het effect van de lekstroom. (Hierin bestaat dus een principieel verschil in werkingswijze met de beeld-iconoscoop: daar is het redistributie-effect essentieel, bij de „Scenioscope" is het slechts bijkomstig.) Daar de grootte van de redistributiestroom naar een bepaald trefplaatelement snel afneemt wanneer de potentiaal hiervan daalt, is het zaak de potentiaal zo snel mogelijk te doen dalen tot beneden de waarde waarbij het redistributie-effect nog een rol speelt (ongeveer tussen V_{coll} en V_0, fig. 8). Een snelle potentiaaldaling levert dus niet alleen winst in gevoeligheid, maar bovendien vermindering van onechte signalen.

Er zijn twee middelen om de potentiaal snel te doen afnemen: groot maken van de lekstroom, en klein maken van de capaciteit van een beeldelement ten opzichte van de signaalplaat. Aan het opvoeren van de lekstroom wordt een grens gesteld door te sterke electrolyse van het glas, die de levensduur van de buis zou verkorten. Bovendien kunnen bij grote lekstroom kleine plaatselijke diktever-schillen in de trefplaat aanleiding geven tot een soort onechte signalen, als gevolg van locale verschillen in lekstroom, welke verschillen uiteraard evenredig zijn met de totale lekstroom. Het verkleinen van de capaciteit, dwz. dikker maken van de trefplaat, is beperkt door de eis van een groot scheidend vermogen (zie beneden), en ook, zoals later uiteengezet zal worden, door de eis dat de karakteristiek een bepaalde vorm moet hebben.

Het weglekken van het ladingsbeeld

Wij hebben nagegaan[10]), van hoeveel invloed op het ladingsbeeld het geleidingsvermogen van het glas en de dikte van de trefplaat zijn. In tweeërlei opzicht wordt het beeldsignaal door de geleiding van het glas benadeeld, en wel enerzijds door de geleiding loodrecht op het trefplaatoppervlak (in axiale richting dus, dwars door de trefplaat heen), anderzijds door transversale geleiding, evenwijdig aan het oppervlak. De geleiding, waaraan de winst in gevoeligheid te danken is, mag dus niet te groot zijn.

Beschouwen we eerst de axiale geleiding. Deze doet een gedeelte van de opgebrachte beeldlading verdwijnen nog voordat deze bij de eerstvolgende aftasting kon bijdragen tot de vorming van het uitgangssignaal. De grootte van dit effect is afhankelijk van de relaxatietijd R_0C_0 van de trefplaat, waarin R_0 de weerstand en C_0 de capaciteit is — beide voor de eenheid van oppervlakte — tussen de voorzijde van de trefplaat en de signaalplaat. In *fig. 9* is het signaal op relatieve schaal uitgezet als functie van τ/R_0C_0, waarin τ de beeldtijd is ($^1/_{25}$ seconde in de Europese televisiesystemen).

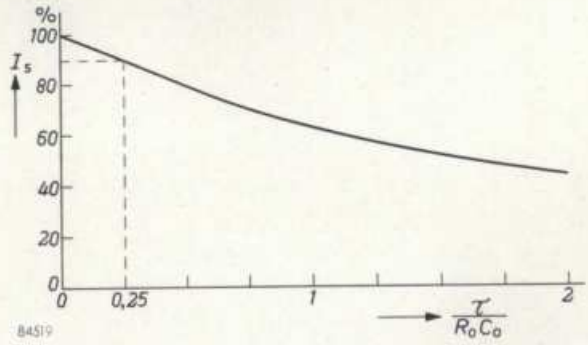

Fig. 9. Signaalstroom I_s (op relatieve schaal) als functie van τ/R_0C_0. De waarden van R_0 en C_0 worden zo gekozen dat I_s 90 % van de maximale waarde bedraagt ($\tau/R_0C_0 = 0{,}25$).

Als gevolg van dit effect moet men enige gevoeligheid prijsgeven. Wil men dit verlies 10% niet laten overschrijden, dan mag, blijkens fig. 9, τ/R_0C_0 de waarde 0,25 niet te boven gaan. Voor τ/R_0C_0 nu kan men schrijven: $\tau/\varepsilon_0\varepsilon_r\varrho$, als ε_0 de diëlectrische constante van het vacuum is, ε_r de relatieve diëlectrische constante van het glas, en ϱ de soortelijke weerstand van het glas. Substitueert men hierin: $\tau = {}^1/_{25}$ s, $\varepsilon_0 = 8{,}86 \cdot 10^{-12}$ F/m en $\varepsilon_r = 8$, dan vindt men dat bij $\tau/R_0C_0 = 0{,}25$ de soortelijke weerstand $\varrho > 0{,}23 \cdot 10^{12}$ ohm · cm moet zijn als men het gevoeligheidsverlies door het weglekken kleiner dan 10% wil houden.

Beschouwen we nu de transversale geleiding, van een bepaald beeldelement naar naburige elementen met zwakkere „belichting". Dit weglekken veroorzaakt een verlies aan beeldscherpte; dit is uiteraard het ernstigst voor de kleinste details in het beeld, waar het ook verlies aan contrast tot gevolg heeft. Bestaat het beeld bij voorbeeld uit lichte en donkere stroken, met gegeven contrast, dan heeft de transversale geleiding tot gevolg dat de modulatiediepte van het ladingsbeeld kleiner wordt (en het uitgangssignaal dus zwakker) naarmate de breedte van de stroken kleiner is.

[10]) P. Schagen, Limiting resolution due to charge leakage in the „Scenioscope", a new television camera tube, Philips Res. Rep. (verschijnt binnenkort).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Om dit effect nader te bestuderen, definiëren we een relatieve modulatiediepte M als de verhouding van het signaal bij een strookbreedte D tot het signaal dat zou optreden als er maar één zwart-wit-overgang in het beeld was. Voor verschillende waarden van τ/R_0C_0 kan dan M worden berekend als functie van Δ/D, als Δ de dikte van de trefplaat is. De uitkomsten van deze berekening [10]) zijn weergegeven in *fig. 10*. Hieruit is af te lezen dat het scheidend vermogen groter wordt bij afnemende dikte Δ en bij toenemende soortelijke weerstand ϱ van het glas.

Hoe kunnen nu ϱ en Δ het best worden gekozen? Wat ϱ betreft — we zien uit fig. 10 dat met het oog op het scheidend vermogen een zo groot mogelijke waarde de beste is, en uit fig. 9 hadden we, om niet te veel aan gevoeligheid te verliezen, besloten tot een minimumwaarde van $0{,}23 \cdot 10^{12}$ ohm·cm. Als kleinste toelaatbare waarde is gekozen $0{,}3 \cdot 10^{12}$ ohm·cm, en als grootste $1 \cdot 10^{12}$ ohm·cm; bij grotere waarden zou een straks te bespreken effect, het zg. randeffect, te hinderlijk worden.

De weerstand van glas heeft een zekere temperatuurcoëfficient. De genoemde uiterste waarden van ϱ gelden voor een temperatuur van 35 tot 45 °C, tussen welke grenzen de werktemperatuur van de camera gehouden moet worden. Bij kamertemperatuur moet ϱ liggen tussen circa $1 \cdot 10^{12}$ en $3 \cdot 10^{12}$ ohm·cm.

Aangaande de glasdikte Δ lezen we uit fig. 10 af dat bij $\tau/R_0C_0 = 0{,}25$ de verhouding Δ/D niet veel groter dan 1,5 mag zijn. De kleinste details die in het beeld nog goed moeten kunnen worden weergegeven, hebben een diameter d gelijk aan de diameter

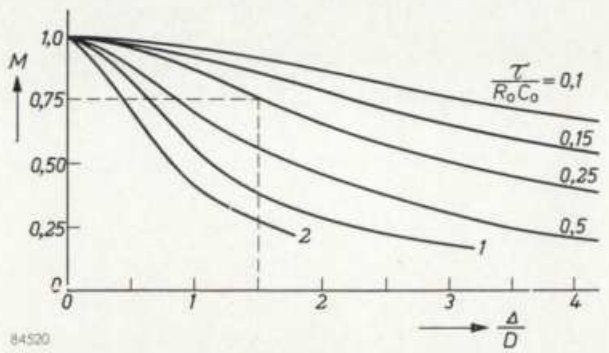

Fig. 10. Relatieve modulatiediepte M van het potentiaalbeeld op de glazen trefplaat, als functie van Δ/D (Δ = dikte trefplaat, D = strookbreedte van een uit witte en zwarte stroken bestaand beeld), met τ/R_0C_0 als parameter. Met $\tau/R_0C_0 = 0{,}25$ mag Δ/D maximaal ongeveer 1,5 bedragen.

van een beeldelement. Deze diameter bedraagt bij de „Scenioscope" ongeveer 75 μ, als het aantal beeldlijnen 625 is. Ook indien we voor D de kleinste waarde nemen die voorkomt (namelijk $d = 75$ μ), blijft met de gekozen glasdikte $\Delta = 50$ tot 70 μ de verhouding Δ/D dus nog ruim beneden de grenswaarde 1,5. Men mag dus verwachten dat het scheidend vermogen groot zal zijn. Inderdaad bleek dit, met ϱ tussen $0{,}3 \cdot 10^{12}$ en $1 \cdot 10^{12}$ ohm·cm, slechts zeer weinig te verschillen van dat van de beeldiconoscoop 5854. De experimenteel bepaalde modulatiediepte in het centrum van het beeld, als functie van het aantal beeldlijnen, vindt men in *fig. 11*.

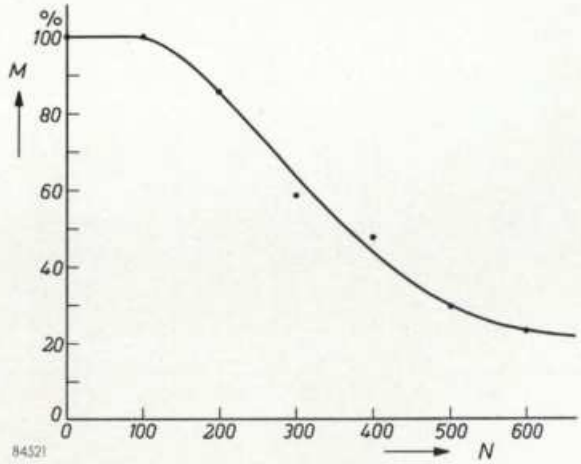

Fig. 11. Relatieve modulatiediepte M in het signaal dat de „Scenioscope" afgeeft, voor het centrum van het beeld, als functie van het aantal beeldlijnen N.

Het randeffect

De cirkelvormige trefplaat heeft een middellijn van circa 80 mm, maar er wordt slechts een rechthoek ter grootte van 45 bij 60 mm van afgetast (fig. 7). Het is wenselijk gebleken dit afgetaste gedeelte te omgeven door een geleidende omlijsting, die op iets lagere potentiaal dan de collector kan worden gebracht. Indien deze omlijsting ontbreekt, neemt het deel van de trefplaat dat buiten het bereik van de aftastbundel valt, de potentiaal van de signaalplaat aan, wegens de geleiding van het glas. Daar deze potentiaal veel lager is dan die van het wel afgetaste deel, worden de elementen langs de rand van het beeld in hun secundair emitteren belemmerd en nemen zij dus een lagere stabilisatiepotentiaal aan. De randelementen krijgen derhalve een lagere potentiaal ten opzichte van de signaalplaat dan de elementen in het midden, en hun lekstroom is dus kleiner. Bij de aftasting wordt dientengevolge aan de rand minder lading aangevuld dan in het midden, dwz. op de ontvangers krijgt het beeld lichte randen („randeffect"). Het is duidelijk dat dit effect wordt tegengegaan door de geleidende omlijsting, mits deze op de juiste potentiaal wordt gebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Indien de aftasting niet nauwkeurig binnen de omlijsting valt, worden de buitenste beeldelementen toch nog iets gehinderd door de aangrenzende niet-afgetaste trefplaatelementen. De potentiaal van de signaalplaat mag om deze reden niet onbeperkt laag worden ingesteld; voor een bepaalde lekstroom stelt dit een bovengrens aan de soortelijke weerstand van het glas, zoals boven al werd opgemerkt.

Is de potentiaal van de signaalplaat bij voorbeeld −50 V ten opzichte van de collector, dan is er, dank zij de afschermende omlijsting, bij een juiste instelling van het afgetaste oppervlak nog vrijwel geen randeffect te constateren. In de practijk blijkt een lekstroom van 0,5 μA door de trefplaat zeer goede resultaten op te leveren. Bij een soortelijke weerstand van bij voorbeeld $0{,}5 \cdot 10^{12}$ ohm·cm is hiervoor op de signaalplaat een spanning van circa −50 V nodig. Bij een lekstroom van 0,5 μA en de gekozen dikte van de trefplaat (50 tot 70 μ) zijn de potentiaalvariaties van „onbelichte" trefplaatelementen omstreeks 7 V. Het redistributie-effect, dat hoofdzakelijk van belang is tijdens het doorlopen van de eerste paar volt beneden de stabilisatiepotentiaal, is onder de genoemde omstandigheden zo gering dat in het ontvangen beeld nagenoeg geen onechte signalen waarneembaar zijn. Bij verlaging van het lichtniveau wordt de gevoeligheid dan ook begrensd door de ruis.

De karakteristieken van de „Scenioscope"

Bij voldoende lekstroom daalt de potentiaal van een trefplaatelement met weinig „belichting" zo snel dat reeds kort na een aftasting de coëfficient δ_{eff} van de fotostroom de maximale waarde bereikt. De karakteristiek die het verband tussen de signaalstroom I_s en de fotostroom I_{ph} weergeeft, is dientengevolge aanvankelijk een rechte lijn (gamma = 1). Bij toenemende fotostroom daalt de potentiaal van een trefplaatelement tussen twee aftastingen in geleidelijk minder ver, waardoor δ_{eff} van de foto-electronen de maximale waarde steeds later bereikt en ten slotte zelfs in het geheel niet meer. De karakteristiek vertoont bij gevolg een geleidelijke verzadiging. De vorm van het gedeelte waar de verzadiging begint op te treden, wordt grotendeels bepaald door de capaciteit van de trefplaat. Naarmate deze capaciteit kleiner is (de trefplaat dus dikker), treedt de verzadiging, bij gelijke lekstroom, op bij grotere fotostroom, en de karakteristiek kan dan een min of meer scherpe bocht vertonen. Bij grotere capaciteit daalt de potentiaal van een trefplaatelement minder ver en treedt reeds bij kleinere fotostroom een meer geleidelijke verzadiging in. Dit maakt de gevoeligheid van de buis iets kleiner (minder signaalstroom voor dezelfde fotostroom), maar daar staan twee voordelen tegenover.

In de eerste plaats is nu de gamma over een groter gedeelte van de karakteristiek kleiner dan 1, evenals bij de beeldiconoscoop. Dit compenseert grotendeels de juist omgekeerd verlopende kromming van de karakteristiek der weergeefbuis (helderheid als functie van de stuurspanning), zodat er geen gammacorrectie nodig is.

Het tweede voordeel van de meer geleidelijke verzadiging is dat pas bij veel grotere fotostroom het maximale signaal wordt verkregen, waardoor de buis een grotere contrastverhouding in de scène nog kan weergeven.

De grootte van de lekstroom door de trefplaat bepaalt hierbij de grootte van de fotostroom waarbij de karakteristiek begint af te wijken van de rechte lijn. Bij de toelaatbare lekstroom van 0,5 μA bleek de al genoemde glasdikte van 50 tot 70 μ een zeer gunstige vorm van de karakteristiek op te leveren.

In *fig. 12* zijn enige representatieve karakteristieken van de „Scenioscope" weergegeven, voor drie waarden van de lekstroom. Ter vergelijking is de karakteristiek van de beeldiconoscoop 5854 er ook in getekend.

De gevoeligheid van de „Scenioscope"

De winst in gevoeligheid die met de „Scenioscope" ten opzichte van de beeldiconoscoop is verkregen,

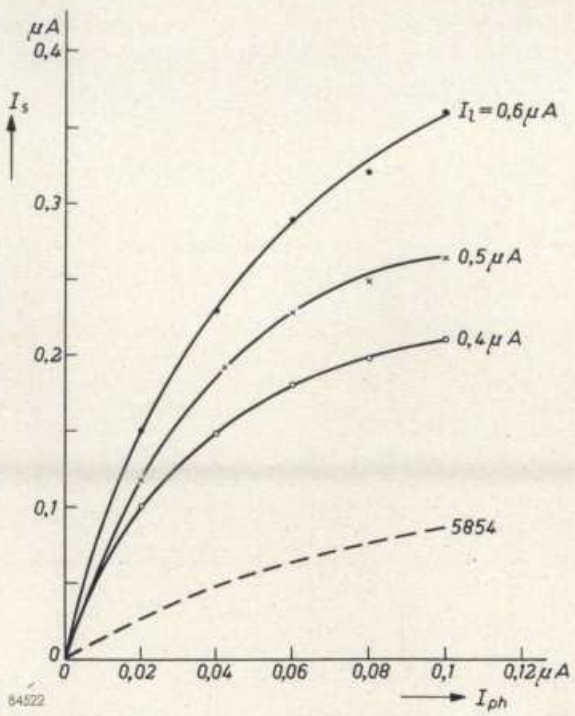

Fig. 12. Getrokken: I_s als functie van I_{ph} voor de „Scenioscope" met de lekstroom I_l door de glazen trefplaat als parameter (I_l gemeten in het donker). Gestippeld: $I_s = f(I_{ph})$ voor de beeldiconoscoop 5854 (overgenomen uit fig. 4).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is voor het grootste deel te danken aan het geleidingsvermogen van de glazen trefplaat, dat, tussen twee aftastingen in, de trefplaatelementen sneller in potentiaal doet dalen en daardoor de verhouding I_s/I_{ph} dichter doet naderen tot de theoretische waarde 1,3 ($\delta_{max}-1$).

Voor een niet te verwaarlozen deel echter is de winst mede te danken aan een vergroting van de coëfficient van secundaire emissie, δ_{max}. Zoals in het artikel[1]) werd besproken, heeft bij de beeldiconoscoop 5854 deze coëfficient een waarde van ruim 4. Bij de „Scenioscope" heeft men door bepaalde maatregelen een $\delta_{max} = 8$ tot 10 weten te verkrijgen. Uit de in fig. 12 weergegeven karakteristieken blijkt dat de gevoeligheid van de „Scenioscope" niet ver beneden de maximale waarde blijft die bij deze waarde van δ_{max} theoretisch met het systeem bereikbaar is: in het begin van de karakteristiek is I_s/I_{ph} circa 7, terwijl deze verhouding theoretisch ongeveer 10 zou kunnen zijn.

Het laagste lichtniveau waarbij men nog een bevredigend beeld verkrijgt, is bepaald door de ruis en niet meer (zoals bij de beeldiconoscoop) door het te hinderlijk worden van onechte signalen. Compensatiesignalen, die bij de beeldiconoscoop aan de versterker worden toegevoerd om de onechte signalen op te heffen, zijn bij de „Scenioscope" niet nodig.

Met een goed aangepaste en weinig ruis gevende versterker zijn nog acceptabele beelden gemaakt bij een verlichting van 100 lux op de scène. In de practijk blijken nagenoeg ruisvrije beelden te worden verkregen bij ongeveer 300 lux (lensopening $f:2$).

Het ligt voor de hand dat, afgezien van het verschil in gevoeligheid, de „Scenioscope" en de beeldiconoscoop grote overeenkomst in eigenschappen vertonen: de fotokathode, de middelen voor de electronenoptische afbeelding en het electronenkanon zijn geheel dezelfde. Zo is bij voorbeeld de mogelijkheid het gezichtsveld continu te variëren met electrische middelen (zie het in [2]) aangehaalde artikel), ook bij de „Scenioscope" aanwezig.

Samenvatting. Onderzoekingen aan de beeldiconoscoop hebben geleid tot het inzicht dat de gevoeligheid van dit type opneembuis groter zal worden als men erin slaagt de trefplaatelementen tijdens de periode tussen twee aftastingen sneller in potentiaal te doen dalen. Er zijn opneembuizen in de handel waarin dit is verkregen door de trefplaat te besprocien met langzame electronen, afkomstig van een hulpfotokathode met regelbare verlichting. Bij Philips is een andere methode uitgewerkt, die eenvoudiger en doeltreffender is. De nieuwe buis, de „Scenioscope", heeft een trefplaat die niet uit isolerend mica bestaat, maar uit glas met een bepaald geleidingsvermogen. Beschouwingen worden gegeven over de keuze van de soortelijke weerstand van het glas en de dikte van de trefplaat. Door de lekstroom, die door het glas heen loopt, relatief groot te maken, heeft men de invloed van het redistributie-effect — dat aansprakelijk is voor onechte signalen („spurious signals") — zeer gering gehouden. De grens aan het verlagen van het verlichtingsniveau wordt dan ook niet meer gesteld door het hinderlijk worden van onechte signalen, maar door de ruis. Terwijl het redistributie-effect bij de beeldiconoscoop essentieel is, vervult het bij de „Scenioscope" nog maar een onbetekende rol. De karakteristiek signaalstroom als functie van de fotostroom, is bij de „Scenioscope" op soortgelijke wijze gekromd als bij de beeldiconoscoop, wat het gebruik van een gammacorrector hier eveneens overbodig maakt.

De winst in gevoeligheid ten opzichte van de beeldiconoscoop is deels te danken aan het geleiden van trefplaat, deels aan de grotere coëfficient van secundaire emissie daarvan. Acceptabele beelden zijn gemaakt met een verlichtingssterkte van 100 lux op de scène. In de practijk kan men nagenoeg ruisvrije beelden verkrijgen met 300 lux (lensopening $f:2$).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN EENVOUDIG ULTRAMICROTOOM

door H. B. HAANSTRA.

578.67: 621.385.833

Het in de lichtmicroscopie vanouds gebruikelijke snijden van zeer dunne coupes met het microtoom, al of niet gepaard met een selectieve kleuring, wordt thans ook voor electronenmicroscopische preparaten toegepast. Wegens het ca. 100 maal grotere scheidend vermogen van de electronenmicroscoop heeft men hiervoor ultramicrotomen moeten construeren die ca. 100 maal dunnere coupes snijden dan de bekende microtomen, nl. met een dikte in de orde van 0,01 micron (100 Å). Merkwaardig is dat het thans mogelijk is gebleken dit te doen met een betrekkelijk eenvoudig toestel.

Preparaten die men in doorvallend licht onder de microscoop wil onderzoeken, moeten voldoende doorzichtig voor het licht zijn en mogen niet teveel onderscheidbare details in de kijkrichting achter elkaar bevatten. De toelaatbare preparaatdikte hangt daardoor samen met het scheidend vermogen. Voor de lichtmicroscoop, waarbij het scheidend vermogen enige tienden μ kan bedragen, heeft men preparaten ter dikte van enkele μ nodig.

Het afsnijden van dergelijke zeer dunne plakjes („coupes") van een te onderzoeken object is al een oude techniek, vooral voor biologisch werk. Microtomen, waarmee het maken van coupes min of meer gemechaniseerd wordt, had men reeds in de 18e eeuw (zg. cilindermicrotoom). Met de tegenwoordige uitvoeringen, die tot de standaarduitrusting van biologische laboratoria behoren, maakt men goed reproduceerbaar coupes ter dikte van enige μ, in gunstige gevallen van 1 μ.

Bij de ontwikkeling van de electronenmicroscopie heeft men van meet af aan met het analoge probleem te maken gehad. Het beeld komt daarbij wel op iets andere wijze tot stand; het contrast ontstaat door de meer of minder sterke verstrooiing der electronen in objectdelen van verschillende dichtheid, en de openingshoeken der afbeeldende bundels zijn uiterst klein, zodat men een veel grotere scherptediepte dan in de lichtmicroscopie heeft. De criteria voor de toelaatbare objectdikte blijven echter analoog aan die voor de lichtmicroscoop: de objectdelen waarin men details wil onderscheiden, moeten electronen van de gebruikelijke energie (in de meeste microscopen 50 tot 100 kilovolt) voldoende doorlaten, en er mogen niet teveel onderscheidbare details achter elkaar gestapeld zijn. De laatste eis weegt hier ten gevolge van de bovenvermelde verschillen nog zwaarder dan bij de lichtmicroscoop: in achter elkaar gelegen delen van het object kunnen de electronen een herhaalde verstrooiing ondergaan, waardoor zij als het ware de over te brengen informatie „vergeten" en slechts een algemene sluier tot het beeld bijdragen; en voor zover dit effect nog niet storend is, wordt door de superpositie van scherpe beelden van in verschillende vlakken gelegen objectdetails de interpretatie zeer bemoeilijkt.

Op grond van deze feiten waren voor de electronenmicroscoop, waarmee men al spoedig een scheidend vermogen van enige 100 Å bereikte, de bovenvermelde coupes van 1 μ (10 000 Å) nog veel te dik. Lange tijd heeft men zich daarom bij het electronenmicroscopisch onderzoek moeten beperken tot objecten waarvan niets behoefde te worden afgesneden, doch die van nature uit zeer kleine geïsoleerde lichamen bestonden of in de vorm van uiterst dunne lagen werden verkregen (organismen zoals bacteriën of virussen, opgedampte stoffen of kollodiumhuidjes, enz.), of tot oppervlakken waarvan met replica-technieken zeer dunne afgietsels konden worden vervaardigd. Legio zijn de technieken, hiervoor ontwikkeld, en de onderzoekingen, op zulke wijze verricht [1]). Sommige takken van wetenschap echter, met name de anatomie en, als onderdeel hiervan, de histologie (weefselleer), konden weinig profijt trekken van het grote scheidend vermogen van de electronenmicroscoop, daar hun objecten niet goed anders dan door het maken van coupes voor het onderzoek geprepareerd kunnen worden. Bij een scheidend vermogen van 50 Å, zoals met de tegenwoordige electronenmicroscopen geregeld wordt bereikt, heeft men coupes ter dikte van bijv. 200 Å of nog minder nodig.

Nadat het met verfijningen van de klassieke microtomen reeds gelukt was, tot dikten van 0,1 μ (1000 Å) te komen [2]), zijn in de laatste jaren Porter c.s. in Amerika en Sjöstrand in Zweden erin geslaagd apparaten te vervaardigen waarmee op

[1]) Voor een overzicht, zie: D. G. Drummond, The practice of electron microscopy, Royal Microscopical Society, Londen 1950.

[2]) D. C. Pease en R. F. Baker, Proc. Soc. Exper. Biol. Med. **67**, 470-474, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

reproduceerbare wijze coupes van minder dan 200 Å kunnen worden gesneden [3]). Het is niet teveel beweerd dat hierdoor een nieuw tijdvak in de electronenmicroscopie is ingeluid. Reeds zijn talrijke belangrijke onderzoekingen met behulp van de nieuwe techniek gedaan.

Het afsnijden van opeenvolgende plakjes van bijv. 100 Å dikte betekent, wel beschouwd, dat men zich ertoe zet langs mechanische weg grote organische moleculen door te snijden. Men zal dan ook voetstoots willen aannemen dat de bedoelde „ultramicrotomen" staaltjes van uiterst preciese afwerking en derhalve vrij kostbare apparaten zijn. Des te verrassender zal het wellicht aandoen dat het mogelijk gebleken is, hetzelfde te presteren met een zeer eenvoudig apparaat, bij welks constructie in het geheel geen uitzonderlijke precisie te pas komt. Van dit toestel, dat over enige tijd in de handel zal worden gebracht, is in *fig. 1* een prototype afgebeeld; het wordt hieronder nader beschreven.

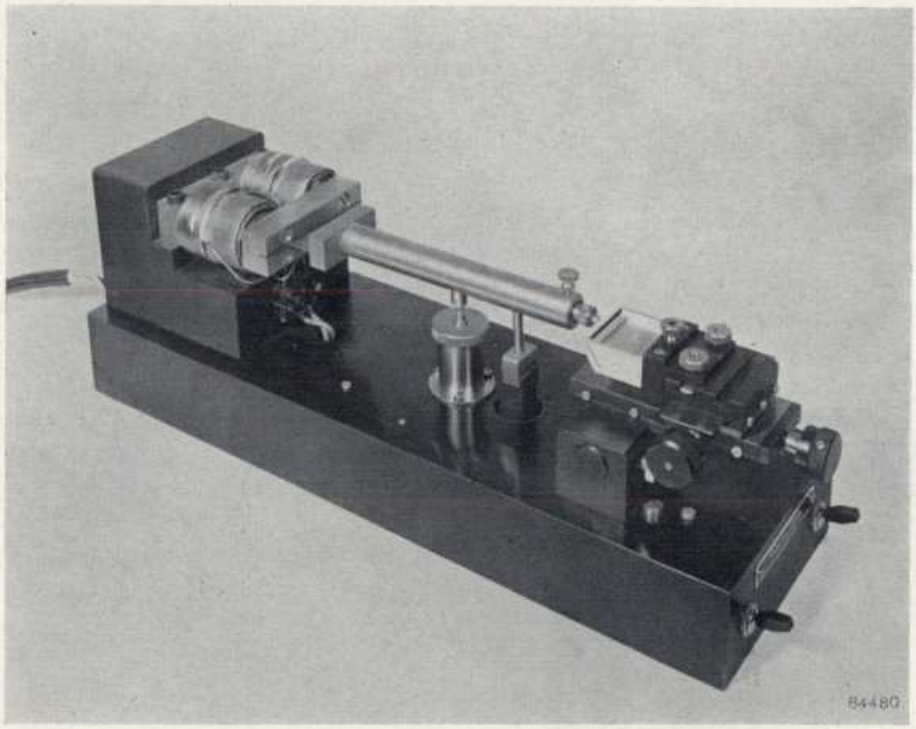

Fig. 1. Het te Eindhoven geconstrueerde ultramicrotoom.

Constructie van het nieuwe ultramicrotoom

De ultramicrotomen van Porter, Sjöstrand en anderen onderscheiden zich van de klassieke microtomen o.a. door de wijze waarop de aanzet van het object wordt bewerkstelligd. Bij de klassieke methode, waarbij het aanzetten geschiedt door een schroef, die een beweging van de objecthouder langs glijvlakken teweegbrengt, wordt de reproduceerbaarheid principieel beperkt door de variërende dikte van de olielaag tussen de beweegbare, smering vereisende delen. Deze invloed is bij de genoemde ultramicrotomen geëlimineerd door voor de aanzet gebruik te maken van de thermische uitzetting van een metalen staaf, aan welks einde het object wordt bevestigd [4]). Beginnende bij kamertemperatuur, verkrijgt men door constante warmtetoevoer een tijdlang een zeer gelijkmatige, continue lengteverandering van de staaf. Laat men het uiteinde van de staaf met het object periodiek de snijbeweging langs het vast opgestelde mes uitvoeren, dan kan men dus coupes van constante zeer kleine dikte verkrijgen (*fig. 2a*).

Een complicatie ontstaat hier juist door het feit dat de lengteverandering van de staaf continu plaatsvindt. Immers, na het snijden van een coupe moet het object naar de oorspronkelijke plaats ten opzichte van het mes teruggebracht worden. Tussen het moment van snijden en dat van terugbrengen gaat de voorwaartse beweging van het object verder. Men mag dus het object niet langs dezelfde baan terugbewegen die het bij het snijden beschreef, aangezien het dan langs het mes zou schrapen en

[3]) K. R. Porter en J. Blum, Anat. Record **117**, 685, 1953. F. S. Sjöstrand, Experientia **9**, 114, 1953.

[4]) Dit principe werd het eerst toegepast door G.B. Newman, E. Borysko en M. Swerdlow, J. Res. Nat. Bur. Stand. **43**, 183-199, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

elke volgende coupe aldus vóór het afsnijden vernield zou worden.

De oplossing voor deze moeilijkheid werd in een van de tot nu toe bekende ultramicrotomen verkregen door het object excentrisch op een verticale draaiende schijf te bevestigen (fig. 2*b*). Op het neergaande deel van de door het object beschreven cirkel raakt het object het mes, op het omhooggaande deel uitzetting voor de aanzet moet zorgen, is van nikkel, dat een sterk magnetostrictie-effect vertoont. Door een om de staaf aangebrachte wikkeling wordt intermitterend een stroom van enkele ampères gestuurd, die de periodieke magnetostrictieve lengteveranderingen volgens het schema van fig. 3 teweegbrengt. Tevens veroorzaakt de in de wikkeling gedissipeerde Joule-warmte de gewenste verwarming

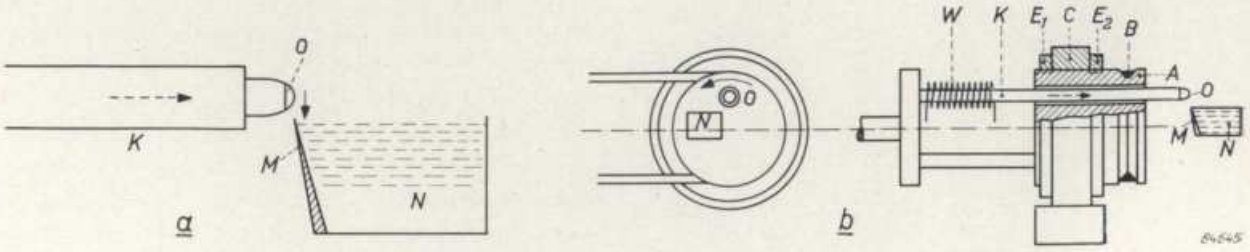

Fig. 2. *a*) Vereenvoudigd schema van een ultramicrotoom met aanzet door middel van thermische uitzetting. Als mes wordt een op speciale wijze geslepen en gepolijst scheermesje (*M*) gebruikt, in sommige gevallen ook wel een voor dit doel vervaardigd mes van glas of van diamant. Dit mes wordt vast opgesteld. Het object (*O*) is aan een metalen staaf (*K*) bevestigd en zweeft boven het mes. Door thermische uitzetting (——→) van de staaf wordt de aanzet van het object bewerkstelligd, zodat bij het omlaagbewegen van de staaf (↓) een zeer dunne coupe wordt afgesneden. Aan het mes is een bakje (*N*) bevestigd, dat met vloeistof (meestal 20% alcohol) is gevuld tot aan de snijrand van het mes. De afgesneden coupes glijden van de snijrand op het vloeistofoppervlak en vormen daar meestal een lint. Van het oppervlak kunnen zij gemakkelijk op een van een dragervlies (formvarhuidje) voorzien preparaatgaasje worden overgebracht.
b) Bij een uitvoering volgens Sjöstrand roteert de staaf *K* met het object *O*. Daartoe wordt de riemschijf *A* aangedreven door een snaar *B*. De schijf *A* is gelegerd in een vaststaande ring *C* en wordt in axiale richting gefixeerd door de meedraaiende ringen E_1 en E_2. Electrische verwarming (wikkeling *W*) doet de staaf *K* uitzetten. Het mes *M* met het bakje *N* is zo opgesteld dat het object het mes alleen bij de neerwaartse beweging raakt. Gedurende de opwaartse beweging draait het object achter het mes langs.

niet. Zo'n constructie moet echter weer gebruik maken van aslegers, die door de vereiste smering en door eventueel optredende trillingen de reproduceerbaarheid in gevaar brengen. Men heeft deze foutenbron alleen door de uiterste precisie in de afwerking onschadelijk kunnen maken.

Ook bij onze microtoom wordt de aanzet verkregen door thermische uitzetting. Het snijden en terugbewegen gebeurt echter langs dezelfde weg, en de nodige vrijloop tussen object en mes bij de terugbeweging wordt bewerkstelligd door magnetostrictie. De staaf waaraan het object is bevestigd, wordt na elke snijbeweging, vóór het omhooggaan, gemagnetiseerd; hij krimpt daardoor, zodat het object iets teruggetrokken wordt; nà het omhoogbewegen schakelt men het magnetische veld weer uit, waardoor de staaf exact zijn oorspronkelijke lengte herwint — behoudens de thermische uitzetting, die intussen voortgeschreden is. Door het schema *fig. 3* wordt de opeenvolging van bewegingen verduidelijkt.

Bijzonder eenvoudig wordt nu de gehele opstelling doordat wij de geleidelijke verwarming en de periodieke magnetisering laten bewerkstelligen door dezelfde stroom. De staaf, waarvan de thermische van de staaf. Dat de warmtetoevoer intermitterend geschiedt, heeft tot gevolg dat de (inhomogene) temperatuurverdeling binnen de staaf niet overal gelijk-op verandert; er dringen opeenvolgende warmtegolven de staaf binnen. De staaf heeft echter een zo grote massa dat de resulterende thermische uitzetting gelijkmatig met de tijd verloopt.

Tot slot van deze algemene beschrijving merken wij nog op dat bij ons toestel de invloed van ge-

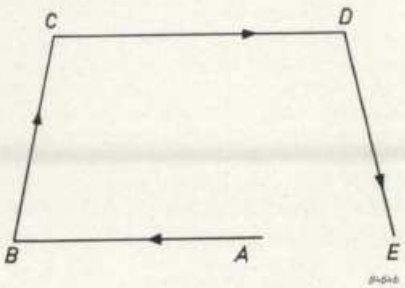

Fig. 3. Schema van de bewegingen van het object in het nieuwe ultramicrotoom (niet op schaal).
$AB \approx$ 1-2 μ: terugtrekken door magnetostrictie.
$BC \approx$ 3 mm: opduwen van de objectdrager.
$CD = AB$: opheffing van de magnetostrictie.
$DE = BC$: snijbeweging (vallen van de objectdrager).
Het plaatsverschil $AE \approx$ 50-200 ångström beantwoordt aan de thermische uitzetting gedurende de tijd van het doorlopen van de cyclus *ABCDE*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

smeerde aslegers, glijvlakken enz. ten enenmale is uitgeschakeld, ook voor de op- en neergaande beweging van het object. In plaats van de voor de hand liggende scharnierconstructie is nl. een bevestiging aan een horizontale brede bladveer toegepast; de op-en-neerbeweging wordt langs mechanische weg bewerkstelligd. *Fig. 4* geeft een beeld van de

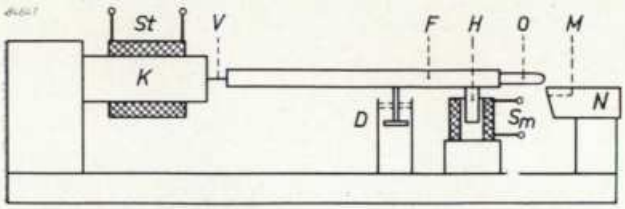

Fig. 4. Schematische voorstelling van de volledige opstelling. *M* mes, vast opgesteld; *O* object, gedragen door de arm *F*, die met de bladveer *V* bevestigd is aan de nikkelen kern *K*; *St* spoel voor verwarming en magnetisering van de kern *K*; *Sm* solenoïde waardoor de permanente magneet *H* periodiek wordt omhooggeduwd; *D* oliedemping.

gehele opstelling. Men ziet hierin de door een spoel omgeven nikkelen staaf of kern (*K*), die door thermische uitzetting en periodieke magnetostrictie de verschuivingen van het object veroorzaakt. Het object (*O*) is via een messingen draagarm (*F*) van constante lengte en via de bladveer (*V*) aan de nikkelen kern bevestigd. De arm *F* draagt nabij zijn vrije uiteinde een ferroxduremagneet (*H*), die in een verticaal opgestelde solenoïde steekt. Door de solenoïde stuurt men een intermitterende stroom, waardoor de magneet en het armeinde periodiek omhoog worden geduwd en weer losgelaten. Tijdens de beweging omlaag gaat het object (*O*) langs het vast opgestelde mes (*M*) en wordt er een coupe afgesneden. Het is van belang op te merken dat de eigenlijke snijbeweging alleen door de zwaartekracht en de veerspanning wordt bewerkstelligd, twee krachten waarvan ondersteld mag worden dat ze steeds op reproduceerbare wijze aangrijpen. Ten einde te beletten dat de arm *F* trillingen gaat uitvoeren, is nog een dempingskracht aangebracht, in de vorm van een eenvoudige oliedemping (*D* in fig. 4). Door deze demping meer of minder groot te maken, heeft men bovendien de snelheid waarmee het mes tijdens het snijden door het object gaat, in de hand.

De bekrachtigingsstroom voor de solenoïde en die voor de verwarmings- en magnetostrictiespoel worden ieder ontleend aan een gelijkstroombron, die we door twee kleine schakelwalsen periodiek laten in- en uitschakelen. Zo wordt de gewenste intermittering verkregen, terwijl tevens, doordat de schakelwalsen op één as zitten die door een kleine motor wordt aangedreven, de nodige synchronisatie tussen de beide bekrachtigingsstromen wordt gewaarborgd: het omhoogduwen van de ferroxduremagneet gebeurt telkens nadat de nikkelen kern is gemagnetiseerd en dus het object heeft teruggetrokken, het loslaten van de magneet en daarmee het eigenlijke snijden gebeurt telkens nadat de kern weer is ontmagnetiseerd.

De dikte van de coupes

Het in de verwarmingsspoel gedissipeerde vermogen, en daarmee de snelheid van uitzetten van de nikkelen kern, is onafhankelijk van de rotatiesnelheid van de schakelwals. Daar het aantal snijbewegingen per seconde echter evenredig met deze rotatiesnelheid is, kan men door regeling van het toerental van de motor op eenvoudige wijze de dikte van de coupes variëren. Een andere methode hiertoe is het regelen van de stroom door de verwarmingsspoel. (Daarbij verandert weliswaar ook de grootte van de magnetostrictie, doch deze blijft in de practijk steeds zoveel groter dan de dikte van een coupe, zie fig. 3, dat het vrijlopen van het mes tijdens het terugtrekken niet in gevaar komt.)

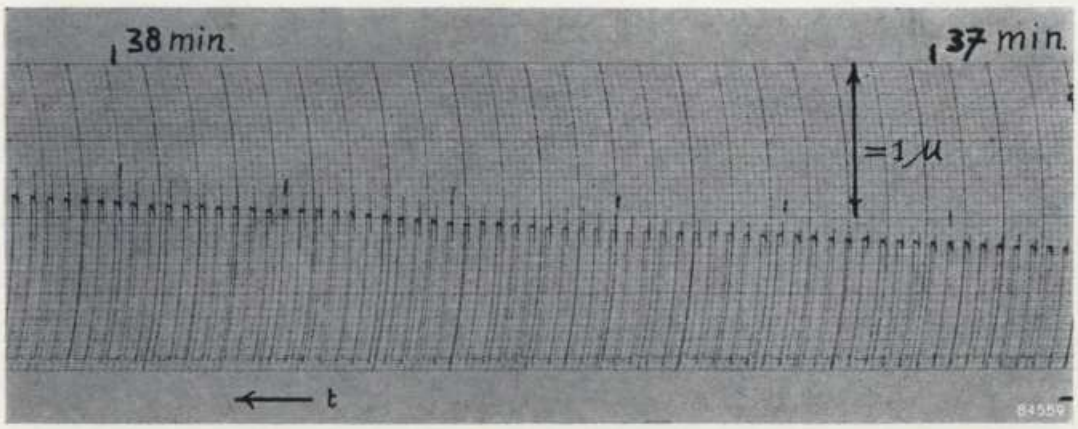

Fig. 5. Gedeelte van een strook waarop met een verplaatsingsmeter GM 5536 de verschuiving van het object is geregistreerd tijdens het 40 minuten durende opwarmen van de nikkelen kern.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het is natuurlijk van belang, de dikte der gesneden coupes bij benadering te bepalen. Dit is zeer moeilijk tijdens het snijden uit te voeren. Wij hebben daarom de volgende methode toegepast. Eerst werd door controle met een normale, op het mes gerichte prepareermicroscoop vastgesteld dat bij instelling op een bepaalde energietoevoer aan de verwarmingsspoel en een bepaald toerental gedurende ongeveer 40 minuten onafgebroken coupes werden gesneden. Nadat de nikkelen kern was afgekoeld, werd het mes vervangen door de meetkop van een verplaatsingsmeter GM 5536; de bewegingsspoel werd verwijderd (deze bleef echter aangesloten, zodat de electrische keten onveranderd bleef). Gedurende ongeveer 40 minuten werd vervolgens de uitslag van de verplaatsingsmeter met een registreerinstrument opgenomen en uitgemeten. Een klein gedeelte van de registreerstrook is in *fig. 5* gereproduceerd Men ziet de zeer gelijkmatige thermische uitzetting, gesuperponeerd op de magnetostrictieve lengteveranderingen. Het bleek na het inschakelen ongeveer 2 minuten te duren vóór de spoel voldoende warmte gaat overdragen aan de nikkelen kern: in deze 2 minuten bedroeg de uitzetting slechts 0,2 μ. In de volgende 3 minuten zette de kern 1,08 μ uit. Daar de ingestelde snijsnelheid 49 coupes per minuut beliep, was dus de gemiddelde dikte van een coupe 73 Å. De op analoge wijze berekende gemiddelde dikte voor een aantal opeenvolgende tijdvakken is uitgezet in *fig. 6*. Men ziet dat bij de bedoelde instelling gedurende ongeveer 20 minuten coupes met een behoorlijk reproduceerbare dikte van 80 $\pm$ 10 Å werden gesneden. Men kan echter, zoals uit de figuur blijkt, nog heel goed coupes van 50 Å snijden.

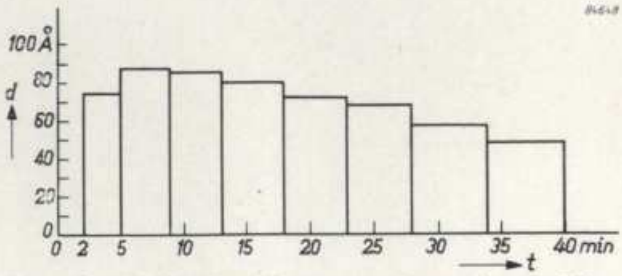

Fig. 6. Gemiddelde dikte *d* der coupes verkregen in verschillende etappes van de, 40 minuten durende, thermische uitzetting van de nikkelen kern. De dikte is berekend uit de gemeten verplaatsing van het object in de aangegeven tijdvakken en het aantal snijbewegingen (in casu 49 per minuut). Gedurende 20 minuten worden coupes met een vrijwel constante dikte van 80 $\pm$ 10 Å gesneden.

In *fig. 7, 8* en *9* zijn enige opnamen van coupes die met het beschreven ultramicrotoom zijn vervaardigd, afgebeeld. In de onderschriften zijn zij toegelicht.

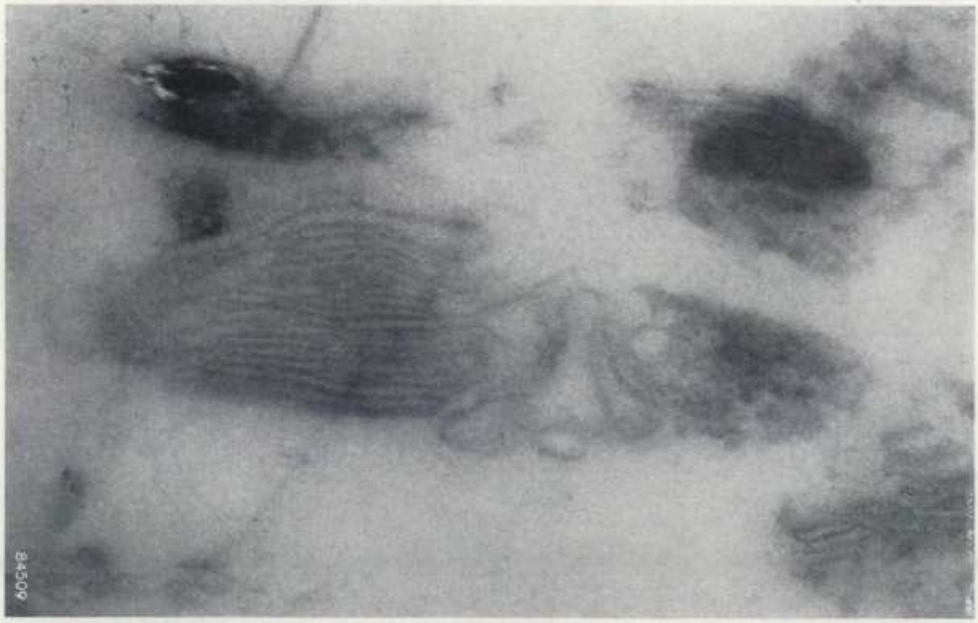

Fig. 7. Coupe van een chloroplast van een slasoort (Lactuca sativa). De chloroplasten zijn behandeld in een 1%-oplossing van osmiumtetra-oxyde (OsO_4) met p_H = 7,4 en bij 4 °C, en daarna gedehydreerd via mengsels van aethanol en water met tot 100% stijgend gehalte aan aethanol. Van het aethanol zijn ze overgebracht in een mengsel van 95% butylmethacrylaat en 5% methylmethacrylaat (van beide het monomeer) en vervolgens bij 45 °C gepolymeriseerd met behulp van 1%-benzoylperoxyde als katalysator. Aldus ingebed, zijn de chloroplasten op het ultramicrotoom gesneden; daarna werden de coupes overgebracht op een preparaatdrager.

Bij de behandeling met OsO_4 wordt in de vethoudende delen van het weefsel meer OsO_4 gereduceerd dan in de overige delen. Op de foto ziet men een granum van een chloroplast, opgebouwd uit elkaar afwisselende laagjes lipoïde (donker) en proteïne. Vergroting 67 000 ×.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

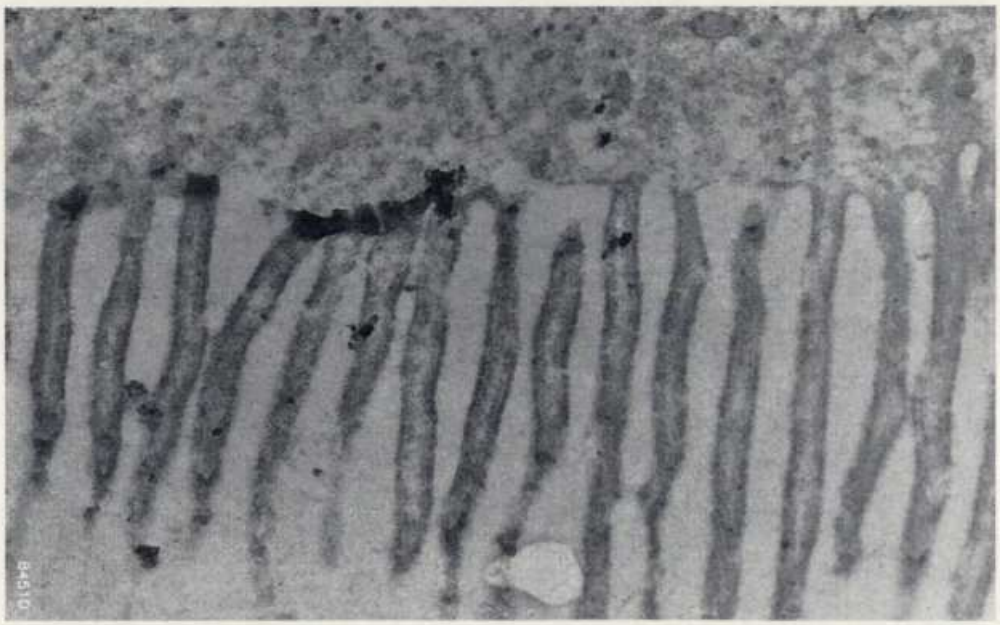

Fig. 8. Coupe van de borstelzoom op het darmepitheel van een Ascaris-soort, die parasiteert in de darm van varkens. Behandeling als bij fig. 7; vergroting 15 000 ×. (Preparaat beschikbaar gesteld door Prof. L. H. Bretschneider, Zoölogisch Laboratorium der Rijksuniversiteit te Utrecht.)

Fig. 9. Coupe van aluminium. Een staafje aluminium werd aan één einde zo bewerkt dat een kleine pyramide (ca. 0,3 mm hoog, grondvlak ca. 0,3 × 0,3 mm) uitstak. De top hiervan werd op het ultramicrotoom gesneden met een mes van diamant. De hoek tussen het mes en het preparaat was hier zeer critisch; de beste instelling werd empirisch gevonden. Over de zichtbare structuur kunnen nog geen nadere bijzonderheden worden gegeven. Vergroting 24 000 ×.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Samenvatting. Biologische objecten, zoals weefseldelen, kunnen voor een microscopisch onderzoek alleen toegankelijk worden gemaakt door er voldoend dunne coupes van te snijden. Door de ontwikkeling van ultramicrotomen (door Porter en door Sjöstrand), waarmee coupes van 200 Å en minder kunnen worden gesneden, kan men thans in het genoemde gebied profijt trekken van het grote scheidend vermogen van de electronenmicroscoop. Bij deze ultramicrotomen wordt de aanzet bewerkstelligd door thermische uitzetting van een metalen staaf die het object draagt. Voor het vrijlopen van het mes bij de terugbeweging past men een tamelijk ingewikkelde mechanische constructie toe, die met de uiterste precisie moet worden uitgevoerd. Bij het in dit artikel beschreven, nieuwe ultramicrotoom wordt het vrijlopen op zeer eenvoudige wijze verkregen door periodieke magnetostrictie van een nikkelen kern, waaraan het object bevestigd is. De periodiek in- en uitgeschakelde magnetiseringsstroom veroorzaakt tegelijk de nodige verwarming van de kern voor de aanzet door thermische uitzetting. De op- en neergaande beweging van het object voor het snijden wordt mogelijk gemaakt door een bladveer tussen de draagarm van het object en de nikkelen kern. Het toestel bevat dus generlei aslegers of glijvlakken. Metingen met een verplaatsingsmeter hebben aangetoond dat in een bepaald geval in 20 minuten ca. 1000 coupes met een dikte van 80 ± 10 Å werden verkregen. Coupes tot ca. 50 Å dikte bleken goed te vervaardigen te zijn.

EEN RÖNTGENBUIS VOOR MICRORADIOGRAFIE

621.386.1:778.33:539.23

Reeds tientallen jaren hebben verscheidene onderzoekers ernaar gestreefd röntgenopnamen te maken van zeer dunne objecten als insecten, dunne sneden van dierlijke zowel als van plantaardige weefsels, dunne metaalfoelies, papier, e.d. Omdat de röntgenabsorptie in deze zeer dunne objecten slechts zeer gering is, moet men zich, om voldoende contrast te verkrijgen, bedienen van zeer zachte straling (die beter geabsorbeerd wordt). Men past dan ook zeer lage buisspanningen toe (3-10 kV).

Voortbouwend op vroegere experimenten [3])[4]), is het uiteindelijk gelukt een vacuumdicht venster te maken van een berylliumfoelie van 50 μ dik. Dit heeft een voldoende doorlating voor röntgenstraling uit het gebied van 1,5 tot 5 kV (golflengte 2 tot 15 Å). Dit venster hebben wij gebruikt in een kleine dichtgesmolten röntgenbuis voor 5 kV, waarvan *fig. 1* een doorsnede en *fig. 2* een foto te zien geeft. Deze buis is opgenomen in een klein draagbaar apparaat (CMR 5 genoemd), dat behalve deze buis

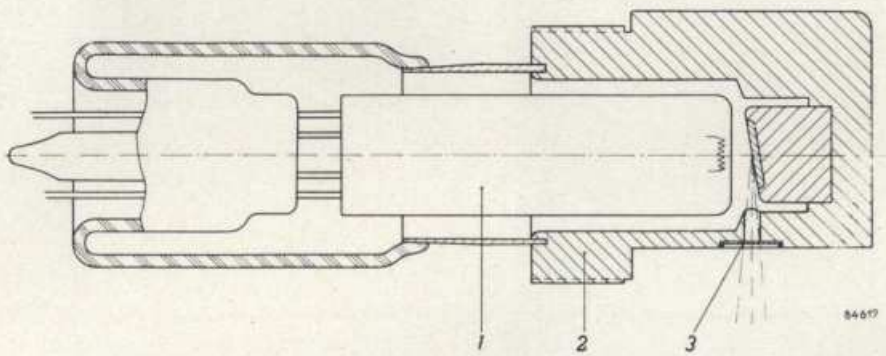

Fig. 1. Doorsnede van de 5 kV-röntgenbuis die gebruikt wordt in het apparaat voor microradiografie CMR 5. *1* kathode met gloeidraad van wolfraam; 2 anode met trefplaat van wolfraam; *3* venster van beryllium, dikte 50 μ. Lengte van de buis 8 cm.

Om de aldus opgewekte zachte straling buiten de röntgenbuis te brengen, moest men dan uiterst dunne vensters gebruiken, bijv. dunne aluminiumfoelies. Daar deze foelies nooit in vacuumdichte vorm verkregen konden worden, werden de röntgenbuizen die ermee waren uitgerust, gebruikt onder voortdurend vacuumpompen [1])[2]).

ook de hoogspanningsgenerator, de regelapparatuur en de camera bevat.

Het object wordt, geplaatst op een over een ring gespannen vlies van formvar, in contact met de gevoelige zijde van de fotografische film opgesteld: vandaar de aanduiding van het apparaat met CMR (contactmicroradiografie). De schaduwop-

[1]) P. Lamargue, Historadiography, Radiology **27**, 563-568, 1936.

[2]) A. Engström, Quantitative micro- and histo-chemical elementary analyses by roentgen absorption spectrography, Acta Radiol. Suppl. **63**, 1946.

[3]) B. Combée en P. J. M. Botden, Speciale röntgenbuizen, Philips techn. T. **13**, 23-32, 1951.

[4]) P. J. M. Botden, B. Combée en J. Houtman, Een experimenteel röntgenapparaat met een lilliputröntgenbuis, Philips techn. T. **14**, 114-123, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 2. De 5 kV-röntgenbuis voor microradiografie.

name die op deze wijze wordt verkregen, wordt achteraf enige honderden malen vergroot in een lichtmicroscoop.

Het met het apparaat bereikte scheidende vermogen ligt tussen 0,5 en 1 μ. Dit is weliswaar iets minder gunstig dan voor een goede lichtmicroscoop, maar daar materie een veel grotere doorlating heeft voor röntgenstralen dan voor lichtstralen, is het mogelijk vele details waar te nemen die men met een lichtmicroscoop niet kan zien.

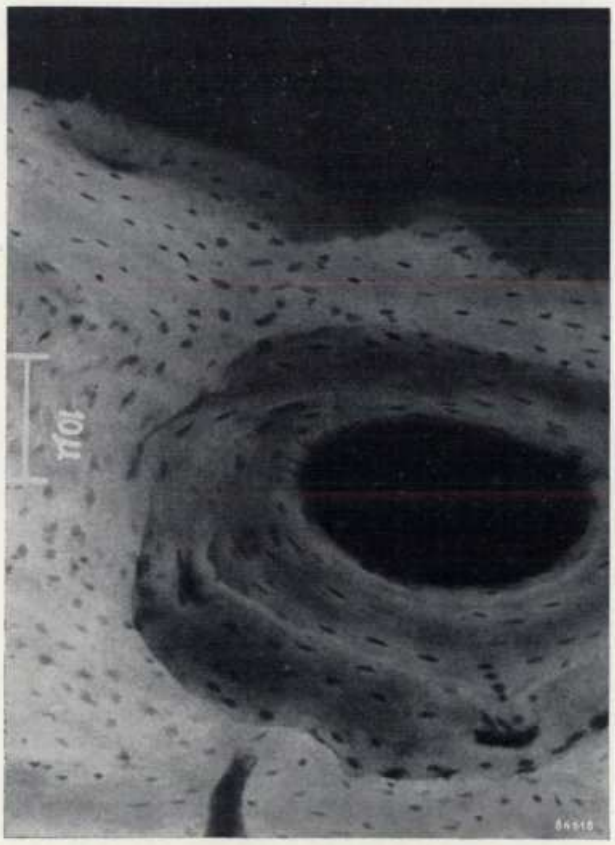

Fig. 3. Botweefsel. Om deze foto te maken was het niet nodig eerst het bot te decalciferen, wat bij lichtmicroscopie wel nodig zou zijn. Men kan daardoor uit de foto iets te weten komen omtrent de distributie der minerale zouten. (Opname met 5 kV, 3 mA; belichtingstijd 25 min.)

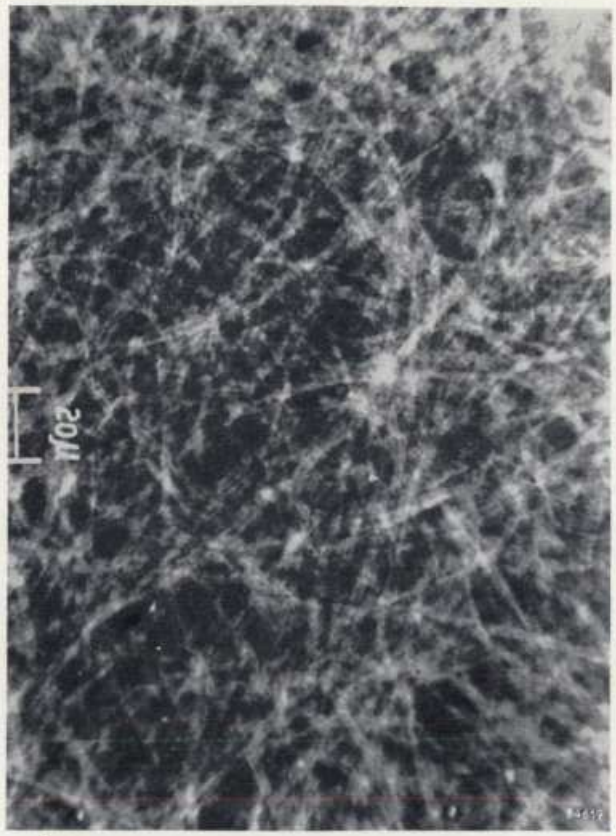

Fig. 4. Papier. Het doordringingsvermogen van de röntgenstralen verschaft een goed inzicht in de papiertextuur. (Opname met 5 kV, 3 mA; belichtingstijd 10 min.)

Het besproken apparaat — waarvan de prijs vergelijkbaar is met die van een goede lichtmicroscoop — brengt de microradiografie binnen het bereik van velen die opzien tegen de bouw van een duur apparaat met continu gepompte buis. Röntgenmicroradiografie is ongetwijfeld een waardevolle aanvulling voor de mogelijkheden van onderzoek in het gebied tussen de licht- en de electronenmicroscopie.

In een later artikel in dit tijdschrift zullen wij uitvoeriger op de verschillende details ingaan. Inmiddels mogen de bijgevoegde illustraties (*fig. 3* en *4*) reeds een indruk geven van de toepassingsmogelijkheden.

B. COMBÉE.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

VERGELIJKING TUSSEN WEERGEGEVEN EN ECHTE MUZIEK

door R. VERMEULEN. 534.76:534.86:681.84.087.7

Het vraagstuk der „natuurlijke muziekweergave" is al van oude datum. Reeds in 1881 trad het in de openbaarheid, toen het Parijse publiek in de gelegenheid werd gesteld, uitzendingen uit de Grote Opera telefonisch te beluisteren via een door Ader ontworpen installatie. Bij alle gebrekkigheid der techniek van die dagen was deze installatie al ingericht voor „binauraal horen". Hieruit is de stereofonie voortgekomen — tegenwoordig algemeen erkend als een voor natuurlijke muziekweergave essentieel element.

De noodzakelijke voorwaarden voor natuurlijke muziekweergave zijn onlangs opnieuw het onderwerp van laboratoriumonderzoek geweest. Uit proeven waarbij in dezelfde zaal afwisselend „echte" en met de modernste hulpmiddelen gereproduceerde muziek ten gehore werd gebracht, is gebleken dat men in vele gevallen geen onderscheid kon horen en soms zelfs de echte en de gereproduceerde muziek verwisselde.

Waardoor komt het dat er, ondanks alle technische vooruitgang op electro-acoustisch gebied, nog steeds verschil tussen muziekweergave door een luidspreker en een echt orkest hoorbaar is? Voor velen is het beantwoorden van deze vraag niet moeilijk. Zij zullen erop wijzen dat men door metingen gemakkelijk kan aantonen dat de microfoon, de versterkers, eventueel de magnetofoon en de grammofoon, en vooral de luidspreker, het geluid misvormen. Deze toestellen schieten te kort in het gebied der zeer lage en in dat der zeer hoge tonen, en voegen bovendien aan de muziek geluiden toe die daarin niet thuis horen. Brom en ruis aan de ene kant, en de combinatietonen, die bij overbelasting ontstaan, aan de andere kant, beperken de „span", d.i. de intensiteitsverhouding van de sterkste tot de zwakste passages die nog zonder te veel storing kunnen worden weergegeven.

Ontegenzeggelijk zijn zulke misvormingen zelfs in de beste muziekweergave enigermate aanwezig. Toch menen wij eraan te moeten twijfelen of de aanvankelijk gestelde vraag wel zo gemakkelijk beantwoord mag worden door eenvoudig alle schuld op tekortkomingen van het electro-acoustische instrumentarium te schuiven. Juist de mogelijkheid om sommige fouten objectief en kwantitatief aan te tonen (zoals het ontbreken van de hoge boventonen), gecombineerd met de onzekerheid omtrent de toelaatbare grootte van deze afwijkingen, maakt de verleiding groot om eenzijdig in die fouten de oorzaak van het muzikaal niet geheel bevredigende resultaat te blijven zien. Het gevaar is dan niet denkbeeldig dat de electro-technicus het electro-acoustische instrument gaat beschouwen als een schakel tussen een toongenerator en een voltmeter en er eisen aan gaat stellen die, van muzikaal standpunt, zinloos zijn, of zelfs verkeerd. Typerend was bij voorbeeld de indertijd veel voorkomende, maar tegenwoordig wel algemeen overwonnen, neiging, de ruis op te vatten als een gemakkelijk criterium ter beoordeling van de weergave der hoge tonen, en daarom een sterke ruis eerder als een gunstige dan als een afkeurenswaardige eigenschap te beschouwen.

Het „gat in de muur"

Het is dan ook de vraag of het antwoord op de boven gestelde vraag wellicht toch in een andere richting gezocht zou moeten worden. Zou misschien zelfs een electro-acoustische apparatuur zonder meetbare technische fouten evenmin in staat zijn de illusie te scheppen dat men naar een echt orkest luistert? Zouden er geen andere aspecten zijn, die men tot nu toe verwaarloosd had, maar die aan de muzikale waardering meer afbreuk doen dan kleine technische onvolmaaktheden?

Toen men zich aldus opnieuw en met groter aandrang onze aanvankelijke vraag stelde, en naging in welke gevallen de weergave meer, en wanneer ze minder voldeed, bleek dat de weergave (op natuurlijke sterkte) van één, kleine, ruimtelijk geconcentreerde, geluidsbron over het algemeen het meest bevredigend was, dus bij voorbeeld de weergave van één menselijke stem of van één klein instrument, zoals een klarinet. Reeds bij een klein ensemble echter, en a fortiori bij een groot orkest, mist men iets in de weergave zoals die uit één luidspreker klinkt. Zelfs een volmaakte luidspreker kan hier niet meer doen dan de trillingen imiteren die de microfoon opvangt. Dat wil zeggen dat deze volmaakte luidspreker hetzelfde presteert als een gat in de muur van de concertzaal. Het geluid dat zo'n opening doorlaat, is absoluut vrij van alle electrische en mechanische misvorming en zou derhalve bepaald als „ultra-super-highest-fidelity" gekenschetst moeten worden. Niettemin

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zal de te laat gekomen bezoeker, die het begin van het concert door de kier van de deur heeft moeten beluisteren, het als een bevrijding ondervinden wanneer hij de concertzaal betreedt. Er is dus blijkbaar, ook buiten technische onvolmaaktheden om, nog iets mis met de muziek die van een uitgebreide geluidsbron afkomstig is en door een kleine opening tot ons komt.

Het is nu wel algemeen bekend dat het gebrek aan ruimtelijkheid van de weergave kan worden verholpen door middel van stereofonie. In dit tijdschrift zijn in 1939 en latere jaren verscheidene artikelen over dit onderwerp verschenen. Aan een beschrijving van vergelijkende proeven met stereofonisch weergegeven en echte muziek willen wij een recapitulatie van de stereofonie laten voorafgaan. Wij beginnen daartoe met de voorganger der stereofonie: het binauraal horen.

Binauraal horen

Ter verbetering van de luidsprekerweergave is het dus in de eerste plaats nodig, het „gat-in-de--muureffect" op te heffen. Dit kan, door in plaats van één microfoon te gebruiken, twee microfoons als „oren" in een „kunsthoofd" aan te brengen (*fig. 1*) en elk dezer microfoons te verbinden met een telefoon, zodanig dat het linker- resp. rechteroor de geluiden te horen krijgt zoals ze door de linker- resp. rechtermicrofoon worden opgevangen („binauraal" — d.i. met twee oren — horen) (*fig. 2*). Weliswaar is het verschil tussen het geluid van de linker- en dat van de rechtertelefoon gering, maar het is toch voldoende om de luisteraar de sensatie te geven dat hij zich ter plaatse van het kunsthoofd bevindt. Zo kan bij hem gemakkelijk de indruk worden gewekt dat hij achter zich personen

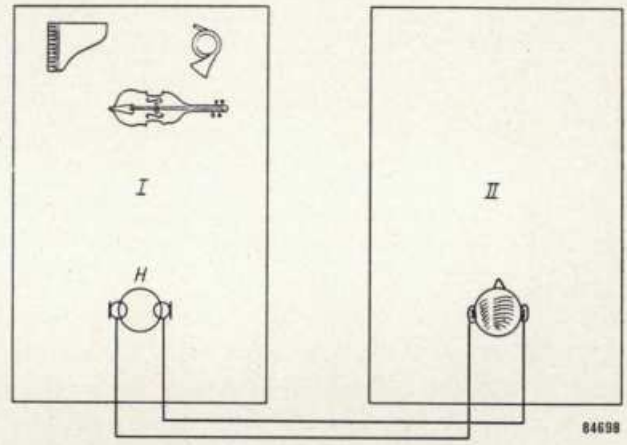

Fig. 2. Binauraal horen. De luisteraar in het vertrek *II* hoort de in *I* gespeelde muziek via telefoons, die elk zijn verbonden met een microfoon. Aldus krijgt hij een ruimtelijke indruk. De microfoons worden bij voorkeur aangebracht in een kunsthoofd (*H*).

hoort bewegen en praten, hoewel daar niemand aanwezig is. De indruk kan zo realistisch zijn dat de luisteraar zich moet omdraaien om zich ervan te overtuigen dat er werkelijk niemand is. Maar zodra hij dit doet, bemerkt hij ook de tekortkoming van dit systeem, want dan draait de hele acoustische wereld met zijn hoofd mee. Om dit te voorkomen,

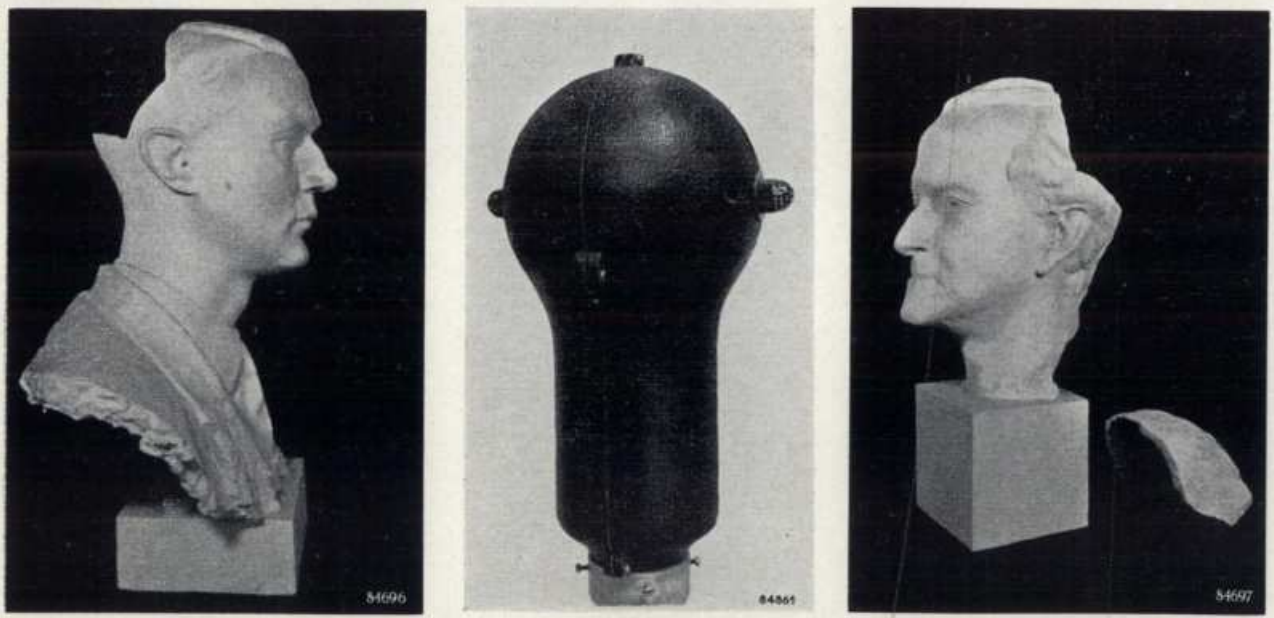

Fig. 1. Gipsen koppen, daterend uit de beginperiode van de stereofonie en bedoeld als experimentele kunsthoofden (zij stellen twee onderzoekers voor die veel tot de ontwikkeling van de stereofonie hebben bijgedragen: links Dr. Ir. K. de Boer en rechts Dr. A. Th. van Urk). Al spoedig bleek dat voor een kunsthoofd een bol een voldoende benadering van het menselijk hoofd is. De middelste foto laat een modern kunsthoofd zien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zou men het kunsthoofd met het hoofd van de luisteraar moeten laten meedraaien; proeven hebben de verwachting bevestigd dat daardoor de genoemde tekortkoming wordt opgeheven [1]): in het bijzonder kan de luisteraar dan ook onderscheiden of de geluidsbron zich vóór of achter hem bevindt, wat bij stilgehouden hoofd niet mogelijk is. De bezwaren van deze, overigens ideale, oplossing zijn wel duidelijk: het gebruik van telefoons, die aan snoeren vastzitten, is al niet aanvaardbaar — om van een koppeling van het kunsthoofd met het hoofd van de luisteraar maar niet te spreken. Deze experimenten waren echter bijzonder leerzaam, omdat ze aantoonden welk een essentieel element het binauraal horen vormt.

Over de wijze waarop het binauraal horen ons in staat stelt de richting van de geluidsbron te bepalen, heeft men lange tijd van mening verschild. Door proeven kon worden aangetoond dat een tijdsverschil tussen de signalen aan linker- en die aan rechteroor een richtingsgewaarwording gaf, maar evenzeer bleken anderen in staat experimenteel te bewijzen dat dit met een intensiteitsverschil eveneens het geval was. In zijn proefschrift kon K. de Boer [2]), die in dit laboratorium deze vraag uitvoerig heeft bestudeerd, bevestigen dat beide partijen gelijk hadden, dus dat zowel de tijdsverschillen als de intensiteitsverschillen tot het richtingshoren bijdragen. Het merkwaardige daarbij is dat deze bijdragen additief zijn: de hoek waaronder men een geluidsbron als gevolg van een tijdsverschil meent te horen, wordt groter of kleiner, al naar het teken van een bovendien aangebracht intensiteitsverschil. Het is zelfs mogelijk de beide effecten elkaar te laten compenseren, dus een geluidsbron die men ten gevolge van een tijdsverschil onder een bepaalde hoek opzij hoort, naar het midden te laten terugkeren door een tegengesteld werkend intensiteitsverschil.

Stereofonie

Een tweede merkwaardig effect dat K. de Boer opmerkte, is dat de geluidsprikkels die de oren ontvangen van twee op enige meters afstand van elkaar geplaatste luidsprekers, elk aangesloten op één der microfoons van een kunsthoofd, door de hersenen verwerkt worden tot de indruk van één enkele schijnbare geluidsbron, welke tussen de beide echte in gelegen schijnt te zijn. Deze ervaring gaf een belangrijke verruiming van ons inzicht in de mogelijkheden om met twee luidsprekers (in plaats van telefoons) een acoustische ruimtewerking te verkrijgen (*fig. 3*). Zulk een stereofonische weergave, waarbij men de indruk krijgt dat geluiden uit verschillende richtingen komen, was reeds eerder bij de beroemde proeven van Fletcher en Stokowski (1933) verwezenlijkt [3]).

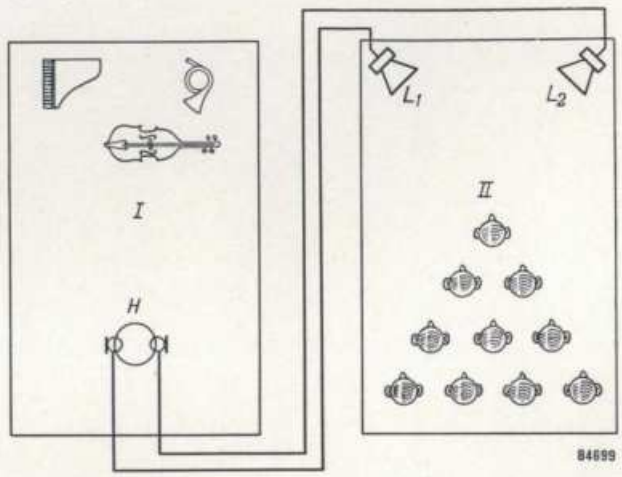

Fig. 3. Stereofonie. Hier is elke microfoon van het kunsthoofd (*H*) in de zaal *I* verbonden met een eigen luidspreker (L_1, L_2) in de zaal *II*. Het in de zaal *II* aanwezige publiek krijgt ook hier een ruimtelijke indruk.

De destijds gegeven verklaring lijkt ons echter onbevredigend. Ze kan in het kort als volgt worden weergegeven. Stel dat in de concertzaal een gordijn is aangebracht dat geen geluid doorlaat en dat aan de orkestzijde is voorzien van een enorm groot aantal microfoons. Iedere microfoon is verbonden met een overeenkomstig geplaatste luidspreker aan de andere zijde van het gordijn

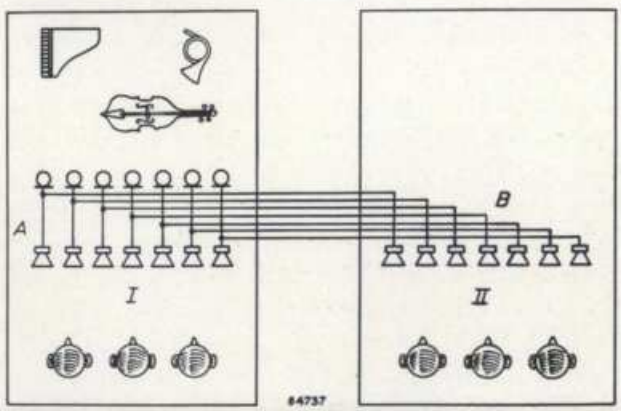

Fig. 4. Verklaring van stereofonie naar Amerikaanse opvatting. *A* denkbeeldig „gordijn", aan de ene zijde geheel bezet met microfoons, aan de andere zijde met luidsprekers; elke microfoon is via een eigen kanaal verbonden met de overeenkomstige luidspreker aan de andere zijde van het gordijn, en ook met zulk een luidspreker op een „gordijn" *B* in de zaal *II*. In deze zaal ontstaat dan hetzelfde geluidsveld als in de zaal *I*. Practisch toegepaste stereofonie, met een klein aantal kanalen, zou slechts een ruwe benadering van het geschetste ideale geval zijn.

[1]) K. de Boer en A. Th. van Urk, Philips techn. T. **6**, 363-368, 1941, in het bijzonder blz. 364-365.

[2]) K. de Boer, Stereofonische geluidsweergave, dissertatie Delft, 1940.

[3]) Symposium on wire transmission of symphonic music and its reproduction in auditory perspective; H. Fletcher, Basic requirements, Bell Syst. tech. Journ. **13**, 239-244, 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(*fig. 4*). Geluidsgolven die op de microfoons vallen, worden dan aan de andere kant door de luidsprekers uitgestraald en lopen dus voort alsof het gordijn niet aanwezig was. Brengt men in een andere zaal een dergelijk gordijn met luidsprekers aan, dan zullen ook daar geluidgolven ontstaan alsof het gordijn het geluid van een zich erachter bevindend orkest doorliet. Aangezien het practisch onuitvoerbaar is, een zo groot aantal microfoons, verbindingskanalen en luidsprekers aan te brengen, moest men genoegen nemen met een zeer grove benadering, waarbij het gebruik van drie microfoons en drie luidsprekers voldoende bleek te zijn.

Als men het resultaat van een dergelijke opstelling beluistert, en vooral als men ervaart dat dit zelfs bij het gebruik van slechts twee kanalen (twee microfoons en twee luidsprekers) bijzonder goed kan zijn, lijkt het ons onaannemelijk dat men dit effect zou kunnen verklaren op grond van de onderstelling dat met een zo klein aantal kanalen al een redelijke benadering van het boven geschetste „doorlatende gordijn" zou zijn verkregen. O.i. mag het psychische verschijnsel dat de geluidsindrukken die de beide oren van de twee luidsprekers verkrijgen, tot één enkele geluidsindruk worden verwerkt, niet buiten beschouwing blijven [4]). Het streven moet dan ook niet zijn, de geluidsgolven na te bootsen, doch slechts aan de beide oren een stel signalen te leveren die dezelfde indruk wekken als het oorspronkelijke geluid. Volgens de oude verklaring zouden drie kanalen een betere benadering geven dan twee, vier een betere dan drie, enz., doch naar onze ervaring geven twee kanalen een duidelijker, vooral scherper, „geluidsbeeld" dan drie. Ter vermijding van misverstand merken wij hierbij op dat het gebruik van meer dan twee luidsprekers toch ook van voordeel kan zijn, namelijk ter verkrijging van een stereofonisch effect voor een groot publiek.

Plaatst men de twee microfoons niet in een kunsthoofd, maar los van elkaar in de ruimte, dan worden de intensiteitsverschillen tussen de signalen die zij opvangen, veel kleiner, daar deze verschillen voornamelijk het gevolg waren van de afschermende werking van het kunsthoofd. Het stereofonische effect moet dan voornamelijk worden geleverd door tijdsverschillen. Deze moeten daartoe sterk overdreven worden, door de afstand tussen de microfoons ongeveer drie maal zo groot te maken als in het kunsthoofd. Het is verwonderlijk dat het oor deze onnatuurlijk grote tijdsverschillen toch als richtingen kan interpreteren, hoewel het nooit in de gelegenheid kan zijn geweest dit aan te leren. Bij het natuurlijke richtingshoren bedraagt het tijdsverschil maximaal 0,6 milliseconde en draagt het slechts ongeveer 10% tot de richtingsgewaarwording bij. Het kunsthoofd levert dus minder abnormale signalen dan de twee losse microfoons, en is bovendien als compacte eenheid handelbaarder. De grootte van het kunsthoofd behoeft niet gelijk te zijn aan die van het menselijk hoofd, maar kan het best gekozen worden naar gelang van de opstelling en de grootte van het orkest, volgens deze empirische regel: is φ de openingshoek (in graden) waaronder men vanuit het kunsthoofd het orkest ziet (*fig. 5*), dan moet de middellijn van het kunsthoofd $2000/\varphi$ cm bedragen, en moeten vrij opgestelde microfoons op $6000/\varphi$ cm van elkaar staan [5]).

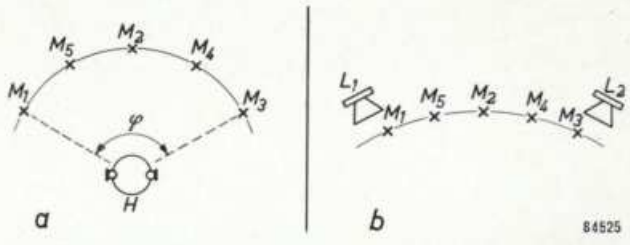

Fig. 5. *a*) Het kunsthoofd H „ziet" een muziekensemble onder de hoek φ. De gunstigste middellijn van het kunsthoofd is $2000/\varphi$ cm (φ in graden); de acoustische afbeelding van de vijf muziekinstrumenten $M_1 \ldots M_5$ is dan als in (*b*) is geschetst, tussen de luidsprekers L_1 en L_2 in.

Bij de muziekreproductie speelt het bewust waarnemen van richtingen, zoals dat door de stereofonie mogelijk is, geen grote rol; voor de muzikale appreciatie door het publiek in een concertzaal doet het er immers weinig toe of bij voorbeeld de harpiste links of rechts op het podium zit. Het is dan ook niet van veel belang of de richtingen bij de stereofonische weergave wel volkomen juist worden gereproduceerd. Maar wèl van belang is, dat de instrumenten los van elkaar in de ruimte komen te staan, dat men, in plaats van een ruimtelijk onontwarbaar mengsel van klanken, de verschillende stemmen gescheiden hoort. Om tot ons „gat in de muur" terug te keren: dank zij de stereofonie wordt dit gat als het ware zo groot dat men het gehele orkest kan overzien, of, beter gezegd, kan „overhoren".

Merkwaardig is ook dat men zich bij stereofonische weergave zonder inspanning kan concentreren op geluid dat men uit een bepaalde richting hoort komen, en zich abstraheren van ongewenst geluid (lawaai, ruis, nagalm, enz.) uit andere richtingen. Het is opvallend hoe sterk het lawaai in de studio lijkt wanneer men met één luidspreker luistert, hoe veel meer men zich ook de nagalm bewust wordt, hoe spoedig het onmogelijk wordt nog iets te verstaan wanneer twee of meer personen tegelijk spreken, terwijl al deze verschijnselen nauwelijks worden opgemerkt wanneer men zich in de studio zelf bevindt of naar een stereofonische uitzending luistert.

---

[4]) K. de Boer, Stereofonische geluidsweergave, Philips techn. T. **5**, 112-119, 1940.

[5]) K. de Boer, Stereofonische afbeelding, Philips techn. T. **8**, 51-56, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Zaalacoustiek

Mag men nu verwachten dat een stereofonische weergave van een orkest niet meer te onderscheiden zal zijn van de oorspronkelijke muziek — aangenomen natuurlijk dat aan de gehele electro-acoustische installatie de uiterste zorg is besteed?

Het antwoord op deze vraag zal zeker niet bevestigend kunnen zijn indien de weergave geschiedt in een zaal of vertrek waarvan de acoustische eigenschappen ontoereikend zijn. Algemeen wordt erkend dat de acoustiek van een concertzaal een belangrijk element vormt bij de muzikale appreciatie, maar dan mag men toch niet van de imitatie vergen dat zij het zonder deze steun kan stellen!

Men kan zich afvragen of electro-acoustische hulpmiddelen te baat genomen zouden kunnen worden om bepaalde gebreken aan een zaalacoustiek te verhelpen. De beantwoording van deze vraag willen wij uitstellen tot een volgend artikel, om nu over te gaan tot het beschrijven van in dit laboratorium genomen proeven. Hierbij werden echte muziek en weergegeven muziek onderling vergeleken; de invloed van de zaalacoustiek was daarbij uitgeschakeld door beide in dezelfde zaal ten gehore te brengen.

Vergelijkende proeven

Ten einde objectief vast te stellen, in hoeverre een stereofonische installatie in staat is een orkest te imiteren, hebben wij in het Philipslaboratorium ruim 300 proefpersonen een vergelijking laten maken tussen de weergave van stereofonisch opgenomen stukjes muziek en dezelfde stukjes, uitgevoerd door een klein ensemble, dat achter een dun, doch ondoorzichtig gordijn had plaats genomen. Aan het registreren van de muziek was de uiterste zorg besteed, om het orkestje werkelijk zo goed mogelijk na te bootsen; vooral de opstelling van het kunsthoofd had daarbij de aandacht gehad. Natuurlijk moest de reproductie even luid zijn als de echte muziek. Om te voorkomen dat schakelklikken en misschien een verandering in het natuurlijke, eigen storingsniveau in de zaal door ruis — hoe zwak ook — sommigen een indicatie zou kunnen geven, bleef tijdens het spelen van de musici de gehele weergeefapparatuur ingeschakeld; de echte muziek viel in de pauzes van de registratie.

De gang van zaken was als volgt: Hetzelfde korte stukje muziek (15 tot 30 s) werd beurtelings, maar in willekeurige volgorde, stereofonisch en door de musici ten gehore gebracht, en in chronologische volgorde aangeduid als „weergave A" en „weergave B" (waarbij onder „weergave" dus ook de uitvoering door het orkestje werd verstaan; de proefpersonen wisten niet dat ook echte muziek zou worden gegeven). Daarop volgde onmiddellijk, als „weergave X", een herhaling van hetzij A, hetzij B. De proefpersonen moesten dan in ongeveer één minuut tijd op een enquêteformulier de volgende vragen beantwoorden:

1) Was X gelijk aan A of gelijk aan B?
2) Welke van de beide weergaven, A of B, was de meest natuurlijke?

De eerste vraag vergt alleen maar dat de proefpersoon onderscheid tussen de echte en de gereproduceerde muziek kan horen, de tweede vraag echter bovendien dat hij er een voorstelling van bezit hoe echte muziek klinkt. In iedere zitting werden tien stukjes muziek met verschillend karakter (kamermuziek, dansmuziek) en enigszins wisselende bezetting ten gehore gebracht.

De binnengekomen antwoorden werden na afloop gewaardeerd met het cijfer 1 als het antwoord goed was, en met 0 als het fout was. De gemiddelde uitkomst was 0,75 voor vraag 1, en 0,71 voor vraag 2. Indien men bedenkt dat 1 als gemiddelde uitkomst bij vraag 1 zou betekenen dat de gemiddelde proefpersoon steeds verschil tussen de echte en de gereproduceerde muziek hoort, en de uitkomst 0,5 dat hij in het geheel geen verschil hoort en er dus naar raadt, dan blijkt dat de gevonden uitkomst (0,75) midden tussen deze uitersten in ligt. Gemiddeld hoort men dus het verschil in 75 van de 100 gevallen wel en in 25 niet. Betrekkelijk weinig personen waren in staat het verschil met zekerheid te horen, en zelfs voor deze was dit niet altijd gemakkelijk. Vraag 2, over de natuurlijkheid, bleek met 0,71 als gemiddelde uitkomst nog iets moeilijker goed te beantwoorden te zijn geweest.

De uitkomsten van een statistische verwerking der antwoorden zijn met getrokken lijnen grafisch voorgesteld in *fig. 6* voor vraag 1 en in *fig. 7* voor vraag 2. Uitgezet is het aantal proefpersonen y dat van de tien vragen er x juist had beantwoord, als functie van x; het totale aantal proefpersonen bedroeg ruim 300. Waren er geen verschillen tussen de personen onderling geweest, en evenmin verschillen in moeilijkheid tussen de achtereenvolgende proeven, dan zouden we een uitsluitend door de kansrekening bepaalde kromme hebben gevonden, namelijk een binomiale kromme. In beide figuren is deze kromme gestippeld getekend, voor 0,75 resp. 0,71 als gemiddelde. Men ziet dat de getrokken kromme in fig. 6 globaal de binomiale toevalswet volgt, maar vooral aan de rechterkant erboven ligt. Dit betekent dat bepaalde personen een zodanig onderscheidingsvermogen hadden dat zij relatief vaak op vraag 1 het juiste antwoord gaven. Daarnaast is er een grote groep die meestal geen verschil

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

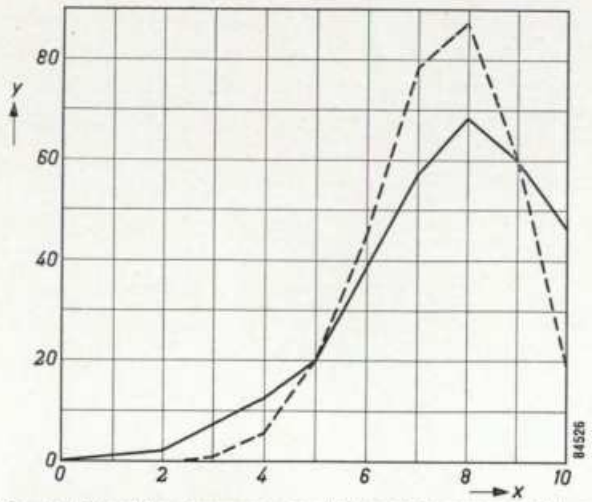

Fig. 6. Getrokken kromme: aantal proefpersonen y dat, gemiddeld per serie van tien proeven, x goede antwoorden op vraag 1 gaf, als functie van x. Gestippeld: toevalsverdeling (binomiale kromme) voor 0,75 als gemiddelde van alle antwoorden op vraag 1. Totaal aantal proefpersonen: 310.

kon horen, en een kleine groep die systematisch verkeerd antwoordde. Een meer gedetailleerde analyse leidt tot de conclusie dat de kans op een juist antwoord voor de personen individueel varieert tussen 0,55 en 0,95.

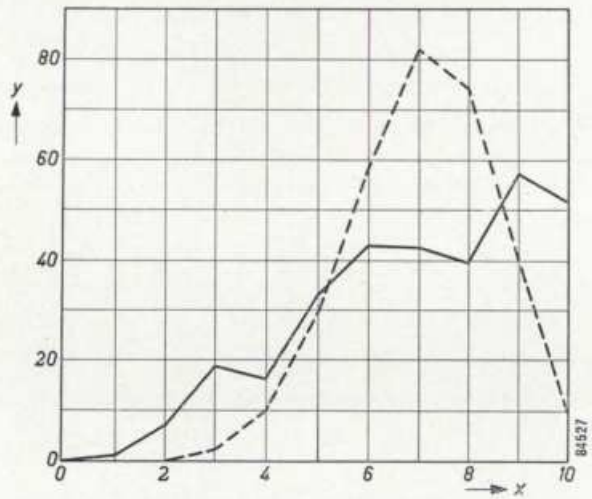

Fig. 7. Als fig. 6, doch nu voor vraag 2, en met 0,71 als gemiddelde. Totaal aantal proefpersonen: 308.

Dat bij vraag 2 de krommen veel meer van elkaar afwijken, zal wel moeten worden toegeschreven aan het feit dat hier voor het geven van juiste antwoorden een grote vertrouwdheid met de klank van muziekinstrumenten is vereist, een vertrouwdheid zoals in hoofdzaak slechts bij beroeps- en amateur-musici verwacht mag worden. Aan de linkerkant ligt de kromme in fig. 7 aanmerkelijk boven de binomiale; dit wil zeggen dat een niet te verwaarlozen aantal personen weliswaar verschil opmerkten, maar systematisch de imitatie voor echte muziek hielden, en omgekeerd.

Men zou kunnen tegenwerpen dat de bovengenoemde conclusies slechts zijn getrokken uit proeven met een klein ensemble, en dus niet voetstoots mogen worden uitgebreid tot een groot orkest. Daar immers is de span aanzienlijk groter, en dus moeilijker door de opneem- en de weergeefapparatuur te verwerken, en bovendien is er meer kans op intermodulatie (vorming van combinatietonen). In een volgend artikel zullen proeven ter sprake komen waarbij een groot orkest betrokken was (zij het dan ook dat daarbij het doel niet was, de muziek in een andere zaal weer te geven, maar de acoustiek van de zaal waarin het orkest speelde, te verbeteren.) Bij deze gelegenheid hebben wij ook muziek van dit grote orkest stereofonisch opgenomen en weergegeven. Een enquête werd daarbij niet gehouden, zodat wij geen cijfers kunnen verstrekken, maar wij hebben wel de indruk dat ook deze reproductie bedriegelijk natuurgetrouw was en dat het derhalve ook bij weergave van de muziek van een groot orkest mogelijk is, de onvolmaaktheden van de electro-acoustische apparatuur te houden op een peil waarop zij nagenoeg onmerkbaar zijn.

Samenvatting. De auteur stelt zich de vraag waaraan het is toe te schrijven dat er, ondanks alle technische vooruitgang op electro-acoustisch gebied, nog steeds verschil tussen een echt orkest en de weergave ervan door een luidspreker hoorbaar is. Het antwoord hierop moet niet in de eerste plaats worden gezocht in de kleine technische onvolmaaktheden, maar veeleer in de twee volgende feiten: 1) in het geluid dat uit de kleine opening van een luidspreker treedt, hoort men de instrumenten van het orkest niet los van elkaar in de ruimte, en 2) de zaal waarin de weergave plaatsheeft, is dikwijls acoustisch ongeschikt.

Zoals sinds lang bekend is, kan het eerste bezwaar verholpen worden door stereofonische weergave: het geluid wordt opgenomen door twee microfoons — bij voorkeur geplaatst in een kunsthoofd — en via gescheiden kanalen weergegeven door ten minste twee luidsprekers.

Om na te gaan in hoeverre stereofonische weergave nog van echte muziek te onderscheiden is, zijn vergelijkende proeven gedaan, waarbij er streng voor werd gewaakt dat de proefpersonen (ruim 300 in getal) buiten de muziek om geen enkele aanwijzing kregen of zij echte muziek (een klein, onzichtbaar opgesteld, ensemble) te horen kregen, dan wel een stereofonische opname ervan. Per zitting werden tien proeven gedaan en bij iedere proef kregen de proefpersonen schriftelijk twee vragen te beantwoorden. Vraag 1 had betrekking op een al of niet hoorbaar onderscheid tussen echte muziek en imitatie, vraag 2 op de „natuurlijkheid". Het antwoordmateriaal is statistisch verwerkt. De algemene conclusie is, dat een proefpersoon gemiddeld in 75 van de 100 gevallen het verschil wèl hoort en in 25 niet. Betrekkelijk weinig mensen echter horen het verschil met zekerheid en dan nog slechts met moeite.

Een naschrift maakt melding van soortgelijke proeven, gedaan in het Concertgebouw te Amsterdam en in het Academisch Genootschap te Eindhoven.

Naschrift. Na het ter perse gaan van bovenstaand artikel zijn op initiatief van G. Slot en met medewerking van het Acoustisch Ontwikkelingslaboratorium der Hoofdindustriegroep Apparaten twee iets anders opgezette demonstraties met echte en gereproduceerde muziek gegeven, en wel in de Kleine Zaal van het Concertgebouw te Amsterdam en in het gebouw van het Academisch Genootschap te Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Daar ook grammofoonmuziek in de demonstraties was betrokken, werd geen stereofonie toegepast, maar door een bepaalde opstelling van de luidsprekers was zo goed mogelijk het geven van een ruimtelijke indruk nagestreefd. De installatie omvatte een magnetofoon type EL 3500 (bandsnelheid 76 cm/s), een 60 W-versterker van zeer goede kwaliteit en twee luidsprekercombinaties AD 5002. Elk van deze combinaties bestond uit een „acoustische box" met twee luidsprekers 9710 (21 cm middellijn) voor het frequentiegebied van 30 tot 400 Hz, en twee hogetonenprojectors, elk uitgerust met een luidspreker 9710 M, voor het frequentiegebied van 400 tot 20 000 Hz.

Bij bepaalde nummers werden directe muziek en reproductie gemengd, zoals bij een quatre-mains, waarvan één partij tevoren was opgenomen en de andere gedurende de weergave werd bijgespeeld, en ook het „afscheidsnummer", dat zodanig was opgenomen dat de musici gedurende de uitvoering één voor één het podium konden verlaten, terwijl de muziek ongestoord doorging. Zij deden dit niet onmiddellijk nadat hun partij door de weergave was overgenomen, maar pas enige maten later, gedurende welke zij schijnbewegingen maakten. Het bleek voor het publiek vrijwel onmogelijk, met zekerheid het ogenblik van overnemen aan te geven.

In het Academisch Genootschap te Eindhoven werd na de pauze een enquête gehouden, waarover hier een korte mededeling moge volgen. Door een klein ensemble werden een viertal nummers ten gehore gebracht waarbij één of twee der instrumenten tevoren waren opgenomen. De niet-spelende musici maakten weer schijnbewegingen, en bovendien was de zaal gedeeltelijk verduisterd. Het publiek was verzocht, na ieder nummer op een enquêteformulier voor ieder instrument aan te geven of men gemeend had het rechtstreeks dan wel in reproductie te horen.

Bij de beoordeling van de hieronder vermelde resultaten mag men het volgende niet uit het oog verliezen. Aangezien niet stereofonisch werd weergegeven, gaven de verschillende richtingen vanwaaruit de klanken van de muziekinstrumenten resp. de luidsprekers het publiek bereikten, in vele gevallen een aanwijzing. Deze factor was vooral in de voorste helft van de zaal niet te verwaarlozen.

Van het uit 130 personen bestaande publiek hebben 107 een ingevuld formulier ingeleverd. Het totale aantal fouten hierop bedroeg 378. Hadden deze 107 personen slechts geraden, dan zou het aantal fouten 720 zijn geweest. Wij laten hieronder de resultaten voor de verschillende instrumenten de revue passeren.

Contrabas. Bij de lage tonen die dit instrument produceert, is de richting vanwaaruit het geluid komt, zeer moeilijk te onderscheiden, zodat hier de enquête het zuiverste beeld van de weergavekwaliteit geeft. Het is dan ook niet te verwonderen dat bij de bas het aantal fouten het grootst was, namelijk 150. Hiernaast volgen in de kolom „In werkelijkheid" de gevonden getallen, en in de kolom „Indien geraden" de aantallen die volgens de toevalsverdeling zouden gelden. Men ziet dat de verschillen zeer gering zijn; men mag dus aannemen dat het publiek in hoofdzaak heeft geraden.

	In werkelijkheid	Indien geraden
Bas gehouden voor reproductie	61	54
Reproductie gehouden voor bas	89	90
Reproductie als zodanig herkend	18	18

Piano. Bij de piano zijn 74 fouten gemaakt. Behalve de kolommen „In werkelijkheid" en „Indien geraden" geven wij hier ook een kolom „Indien half geraden"; de hierin opgenomen getallen zouden gelden indien de helft van het publiek slechts had geraden. Deze getallen liggen zeer dicht bij die van de werkelijkheid.

	In werkelijkheid	Indien geraden	Indien half geraden
Piano gehouden voor reproductie	27	63	27
Reproductie gehouden voor piano	47	84	45
Reproductie als zodanig herkend	60	21	62

Accordeon. Het aantal fouten bij de accordeon was 62, tegenover 74 bij de piano. De verdeling was ongeveer als die bij de piano.

Saxofoon. Bij de saxofoon bedroeg het aantal fouten slechts 48. Er is reden om aan te nemen dat de opname niet zo goed was als ze had kunnen zijn. Dit werd bevestigd door latere proeven, waarbij bleek dat het vooral in dit geval bijzonder op de microfoonopstelling aankwam [1]).

Slagwerk. Hoewel bij de bekkens en de brushes het richtingseffect zeer duidelijk was, werden er toch nog 44 fouten gemaakt.

Slechts drie van de 130 personen leverden een geheel foutenloos formulier in. Van de 23 die geen formulier hebben ingeleverd, mag worden ondersteld dat zij geen verschil konden constateren, zodat het werkelijke resultaat waarschijnlijk nog beter was dan uit de bovenstaande getallen volgt.

Als interessante bijzonderheid zij nog vermeld dat het gemiddelde aantal fouten bij de 42 muziekbeoefenaars onder de aanwezigen 3,0 bedroeg, en bij de 65 niet-beoefenaars 3,8. Tussen technici (in hoofdzaak radio- en geluidstechnici) en niet-technici kon geen noemenswaard verschil worden geconstateerd.

[1]) De saxofoon heeft bij de hoge tonen een zeer sterk richtingseffect; zie H. F. Olson, Musical engineering (Mc. Graw-Hill, New-York 1952), blz. 234.

LINEAIRE ELECTRONENVERSNELLERS VOOR RÖNTGENDIEPTETHERAPIE

621.384.62:615.849

Tegelijkertijd met de ontwikkeling van lineaire electronenversnellers voor kernphysisch onderzoek heeft men soortgelijke versnellers voor medische doeleinden ontworpen en gebouwd. Door middel van lineaire versnellers kunnen sterk geconcentreerde bundels van electronen met energieën van verscheidene millioenen electronvolt worden opgewekt [1])[2]). Vallen deze electronen op een geschikte trefplaat, dan produceren zij uiterst doordringende röntgenstralen, die zeer geschikt zijn voor dieptetherapie.

De foto *fig. 1* toont een medische lineaire versneller

[1]) D. W. Fry, De lineaire electronenversneller, Philips techn. T. **14**, 225-237, 1952.

[2]) C. F. Bareford en M. G. Kelliher, Een lineaire electronenversneller voor 15 millioen electronvolt, Philips techn. T. **15**, 177-205, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

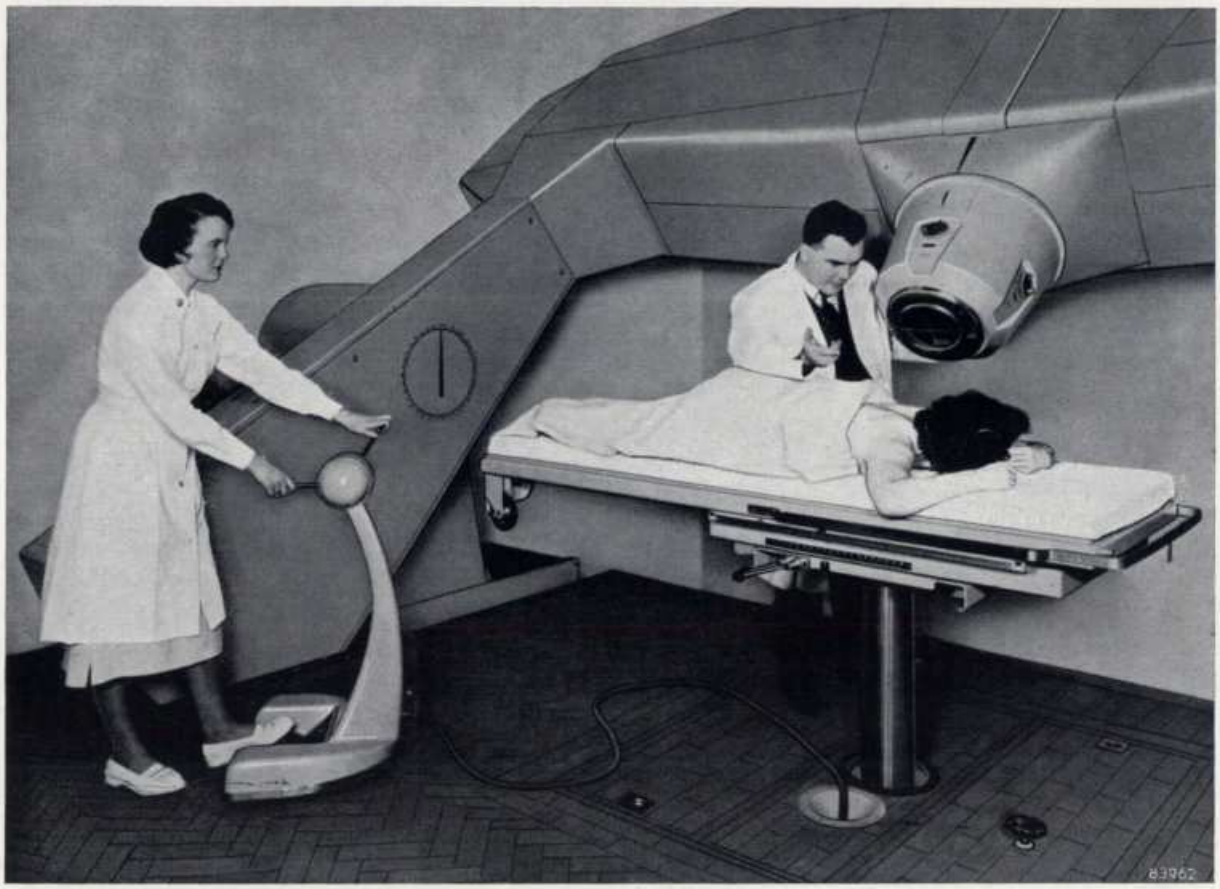

Fig. 1. Medische lineaire versneller, die röntgenstralen van 4 millioen electronvolt produceert. Het toestel is geïnstalleerd in het Algemeen Ziekenhuis te Newcastle (Engeland). Dit was de eerste van een reeks 4 MeV-versnellers, bestemd voor dieptetherapie met röntgenstralen.

De foto toont het toestel tijdens het instellen voor de behandeling van een patient. In het draaibare frame is de versneller met toebehoren en met de „röntgenkop" ondergebracht. De assistente links regelt de hoogte van de patienttafel en de hoekinstelling van het frame, zodanig dat de straling de patient op de juiste plaats en onder de juiste hoek binnentreedt.

voor 4 MeV, die volgens bestek van het Engelse Gezondheidsministerie ontworpen en gebouwd is door de Mullard Research Laboratories, Salfords (Engeland). Het toestel is in Augustus 1953 in het Algemeen Ziekenhuis van Newcastle geïnstalleerd en is sinds December 1953 voor de behandeling van patienten in gebruik. Aangezien de röntgenstralen die door electronen in dit energiegebied worden opgewekt, hoofdzakelijk in voorwaartse richting worden uitgezonden, moet de electronenbundel zelf worden gezwenkt als men een in een bepaalde positie gefixeerde patient vanuit verschillende richtingen wil kunnen bestralen. In deze noodzaak is bij het afgebeelde toestel voorzien door de versneller te monteren op een groot, om een horizontale as draaibaar, frame, zodanig dat de electronenbundel op de rotatieas gericht is, waar men de patient plaatst. Door *fig. 2* wordt de algemene opstelling toegelicht. Te zijner tijd zal in dit tijdschrift een uitvoeriger beschrijving van deze installatie worden gegeven [3]).

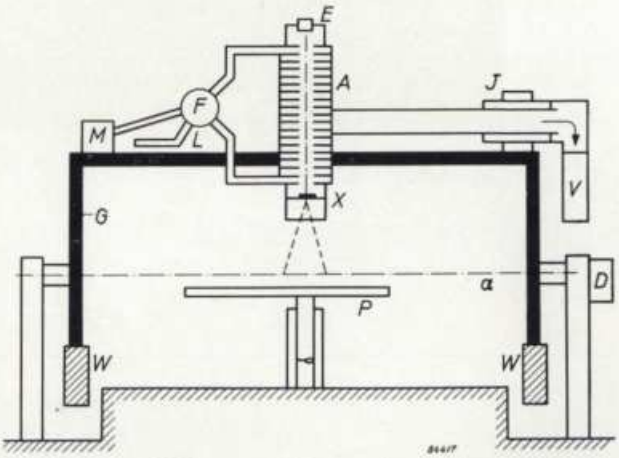

Fig. 2. Schematische voorstelling van het in fig. 1 afgebeelde toestel. *A* is de eigenlijke versneller (geplooide golfpijp van 1 meter lang), die gemonteerd is op het frame *G*, dat met behulp van een hydraulische oliemotor *D* om de as *a* kan worden gedraaid. *E* electronenkanon, *X* röntgenkop, *M* magnetron, *F* terugkoppelvork, *V* diffusiepomp, *J* draaibare vacuumverbinding, *W* contragewicht, *P* patienttafel. *L* waterbelasting.

[3]) Een voorlopige beschrijving is gegeven door: T. R. Chippendale en M. G. Kelliher, A linear accelerator for X-ray therapy, Discovery **15**, 397-404, 1954 (No. 10).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 3 geeft een indruk van een nog grotere medische lineaire versneller, die röntgenstralen van 15 MeV levert. Dit toestel is onlangs in St. Bartholomew's Hospital Medical School te Londen geïnstalleerd door een groep werkers (waarvan T. R. Chippendale de leiding had) van de Mullard Laboratories, onder directie van P. E. Trier [4]). De versneller is van analoge constructie als de eerder in dit tijdschrift beschreven, in Harwell opgestelde versneller voor 15 MeV [2]). Bij een toestel van deze afmetingen kwam het niet in aanmerking de bestralingshoek te wijzigen door de hele versneller te zwenken. In dit geval is derhalve de versnellende golfpijp in een vaste horizontale stand gemonteerd en de uit de golfpijp komende electronenbundel wordt door een sterke electromagneet over 90° afgebogen alvorens op de trefplaat te vallen. De „röntgenkop", die de trefplaat en de electromagneet bevat, kan voor het variëren van de bestralingshoek om de horizontale lengteas van het toestel worden gedraaid.

In fig. 3 is te zien dat de röntgenkop en de eindsectie van de versneller in hangende positie zijn gemonteerd, om de plaatsing van patienten hieronder mogelijk te maken. De hoekinstelling van de röntgenkop kan op de schaal boven in het midden worden afgelezen. De grootte van het door de röntgenstraal bestreken veld, die men met behulp van de regelknoppen op de röntgenkop kan variëren, leest men op de twee lager geplaatste schalen af.

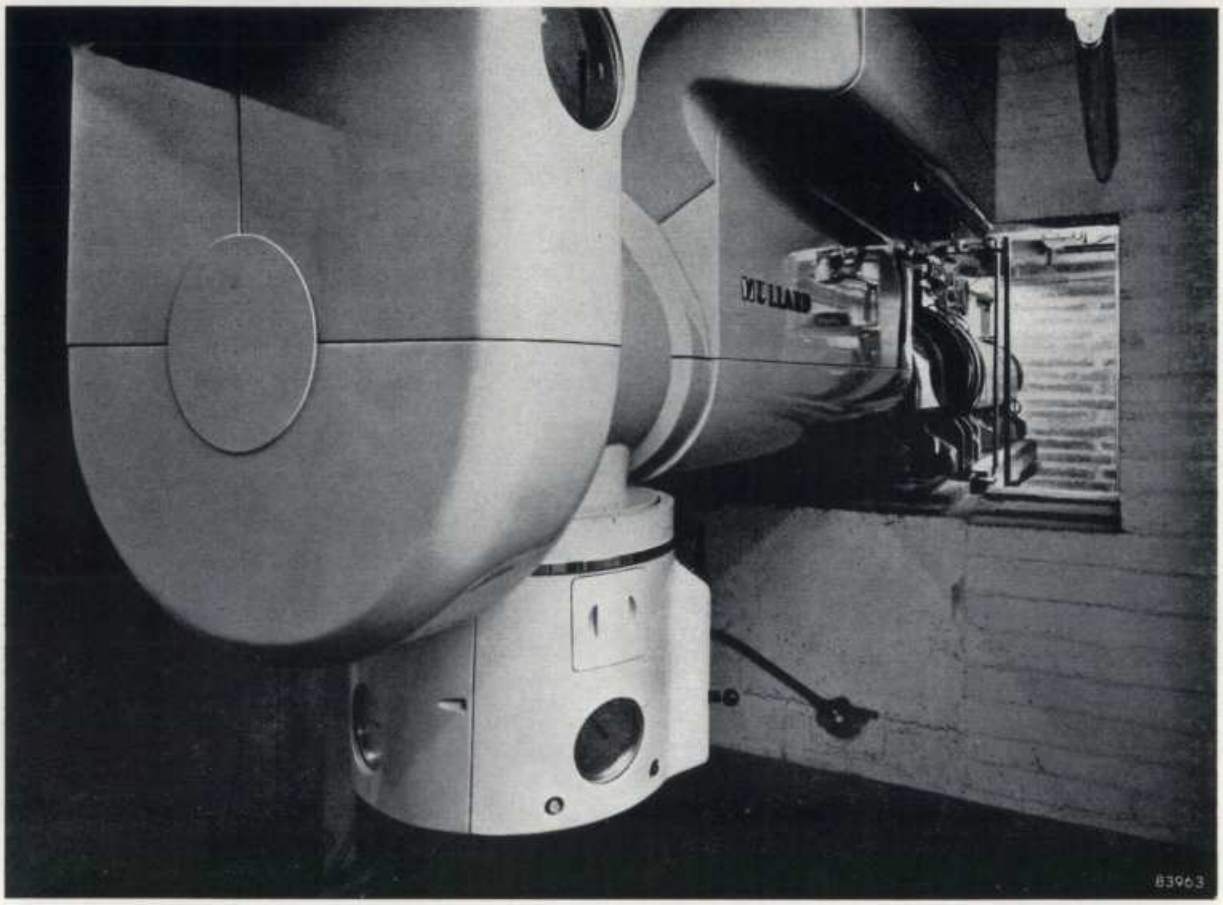

Fig. 3. Lineaire versneller voor röntgenstralen van 15 MeV, geplaatst in een voorlopige behandelingskamer in St. Bartholomew's Hospital Medical School, Londen.

Het beginstuk van de versneller ter lengte van vier meter (de gehele versneller is zes meter lang) staat in een afzonderlijke ruimte, die van de behandelingsruimte afgescheiden is door een betonmuur van 1 meter dikte. De opening in deze muur, die in de foto zichtbaar is en waardoor men de gehele versneller kan overzien, wordt bij gebruik van het toestel met betonblokken gesloten.

T. R. CHIPPENDALE.

[4]) A 15 MeV linear accelerator for medical use, Electronic Engineering **26**, 527-528, December 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2205: J. Haantjes en K. Teer: Multiplex television transmission (Wireless Engineer **31**, 225-233, No. 9, en 266-273, No. 10).

Het artikel bevat een overzicht van de methodes om meer dan één televisiesignaal tegelijkertijd over te brengen binnen één televisiekanaal. Deze methodes zijn hierop gebaseerd dat, wanneer bijv. twee signalen tegelijk worden overgebracht, bij het weergeefproces voor het ene signaal, het andere in de opeenvolgende beelden om en om 180° in faze is verschoven, zodat het als gevolg van de traagheid van het oog nauwelijks zichtbaar is. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de methode met hulpdraaggolf en de methode met interpunctering. De typerende hoedanigheden van beide methodes worden besproken, waarbij speciale aandacht wordt besteed aan de scheiding der signalen aan de ontvangzijde.

2206: A. Claassen en L. Bastings: Notes on the extraction of nickeldimethylglyoxime by chloroform and on the photometric determination of nickel by the glyoxime method (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **73**, 783-788, No. 9-10).

De extractie van nikkeldimethylglyoxime met chloroform is onderzocht als functie van de p_H. In een zuivere nikkeloplossing (geen complexvormer aanwezig) is de extractie volledig in een p_H-gebied van 4,7-10; bevat de oplossing wijnsteenzuur als complexvormer, dan strekt dit gebied zich uit van 4,8-12, terwijl als men het wijnsteenzuur vervangt door citroenzuur, het bruikbare p_H-gebied loopt van 7,2-12. Storingen door koper en cobalt worden onderzocht. Voor de bepaling van het nikkel als geoxydeerd nikkeldimethylglyoxime is een spectrofotometrische methode ontwikkeld waarbij een verbeterde kleurstabiliteit optreedt.

2207: W. J. Oosterkamp: Image intensifier tubes (Acta radiologica, suppl. **116**, 495-502, 1954).

Zie Philips techn. T. **17**, 65-94, 1955 (No. 3).

2208: H. B. Haanstra: Quelques applications du microscope électronique aux Philips' Gloeilampenfabrieken N.V. à Eindhoven (Rapp. Europ. Congr. toegep. Electronenmicrosc., uitg. der Rijksuniv. Gent, 1954).

De auteur geeft een serie voorbeelden van toepassingen van de electronenmicroscoop bij industriële wetenschappelijke onderzoekingen, telkens met een korte beschrijving van de toegepaste prepareertechniek. De voorbeelden betreffen het onderzoek van vorm en grootte van deeltjes in poeders en het onderzoek van het uiterlijk van oppervlakken.

2209: A. M. Kruithof: Some remarks on the measurement of furnace temperatures by thermocouples (Atti III Congr. int. Vetro, Venetië 1953, uitg. Rome 1954, pag. 529-539).

Bij temperatuurmetingen is het steeds moeilijk te beoordelen hoe nauwkeurig de meting met een gegeven instrument onder bepaalde omstandigheden is. De auteur behandelt als voorbeeld een in de glastechniek reeds lang toegepast instrument, nl. de afzuigpyrometer, waarin het temperatuurgevoelige element door een thermokoppel wordt gevormd. Mits op de juiste wijze opgesteld, levert de afzuigpyrometer een betrouwbare temperatuurmeting. Opstelling, ijking en gebruik worden besproken. Aan de afscherming tegen stralingsinvloeden moet grote aandacht worden besteed. Als practische toepassing wordt het onderzoek van de recuperator van een glasoven behandeld. De met de afzuigpyrometer verkregen uitkomsten worden vergeleken met die verkregen met thermokoppels zonder stralingsafscherming.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!